

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Приладобудівний Факультет  
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ В.С.Єременко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-науковою програмою «Метрологія та вимірювальна техніка»**

**зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна  
техніка»**

**на тему: «Інформаційно-вимірювальне та алгоритмічне забезпечення  
міжлабораторних порівняльних досліджень»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи ПВ-91мп

Батбаяр Аріунтуя \_\_\_\_\_

Керівник:

Кандидат технічних наук, доцент,

Шведова В.В. \_\_\_\_\_

Консультант з розробки стартап-проекту:

Доктор економічних наук, доцент,

доцент кафедри менеджменту,

Бояринова К.О. \_\_\_\_\_

Рецензент:

Кандидат технічних наук, доцент,

Баженов В.Г. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет - приладобудівний

Кафедра – інформаційно-вимірювальних технологій

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Спеціалізація – Метрологія та вимірювальна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ В.С.Єременко  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту  
Батбаяр Аріунтуя  
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації «Інформаційно-вимірювальне та алгоритмічне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень» \_\_\_\_\_

науковий керівник дисертації Шведова Вікторія Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент \_\_\_\_\_,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації – 10.12.2020 р.

3. Об'єкт дослідження – міжлабораторні порівняльні дослідження.

4. Вихідні дані для магістерської дисертації – інформаційно-вимірювальне та алгоритмічне забезпечення повинно дозволити проводити опрацювання результатів міжлабораторних досліджень в напіваавтоматичному режимі на основі яких давати висновки, щодо прийнятності якісних характеристик окремої лабораторії та їх узгодженості з характеристиками інших лабораторій.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

- Провести аналіз підходів, що використовують при опрацюванні результатів міжлабораторних порівняльних досліджень.
- Розробити та обґрунтувати алгоритмічне забезпечення опрацювання результатів міжлабораторних досліджень .
- Розробити інформаційно-вимірювальне забезпечення системи опрацювання результатів міжлабораторних досліджень.
- Здійснити апробацію запропонованих рішень (за допомогою комп'ютерного моделювання).
- Розробити стартап-проект системи

6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу - 5 плакатів, що відображають ключеві аспекти дисертаційної роботи.

7. Орієнтовний перелік публікацій - одна публікації з теми дисертації

8. Консультанти з розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап-проект			

9. Дата видачі завдання 10.09.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Провести аналіз підходів, що використовують при опрацюванні результатів між лабораторних порівняльних досліджень.	05.11.20	
2	Розробити та обґрунтувати алгоритмічне забезпечення опрацювання результатів міжлабораторних досліджень.	15.11.20	
3	Розробити інформаційно-вимірювальне забезпечення системи опрацювання результатів міжлабораторних досліджень.	25.11.20	
4	Здійснити апробацію запропонованих рішень (за допомогою комп'ютерного моделювання).	05.12.20	
5	Розробити стартап-проект системи	05.12.20	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ Батбаяр А. \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ Шведова В.В. \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Загальний обсяг магістерської дисертації складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури з 9 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 84 сторінка. Робота містить 45 таблиць та 13 рисунків.

Об'єктом дослідження є оцінювання показники точності міжлабораторних випробувальних а також використання цих показників для практичної діяльності лабораторій.

Актуальність теми роботи пов'язана з створення інформаційно-вимірювального та алгоритмічного забезпечення обробки даних міжлабораторних порівняльних досліджень і їх використання.

При проведенні міжлабораторних порівняльних досліджень проовдят оцінювання показники точності міжлабораторних випробувальних: правильності і прецезіонного. Ці показники використовують як для одноразового аналізу якості роботи лабораторії, так і в процесі її експлуатації для періодичного моніторингу якості роботи лабораторії.

При вирішення ряду практичних завдань, що виникають в лабораторіях, використовуються цих раніше оцінені показники точності для ряду цілей.

При цьому для перевірки прийнятності результатів випробувань і визначення кінцевого заявленого результату, використовуються показники прецезіонного, а саме Страндартное відхилення повряемості і стандартне відхилення воспроизодімості.

Внутрішньолабораторного контроль точності результатів випробувань пов'язаний з періодичним контролем показників правильності і прецизійності. Для результатів в межах лабораторії, пропонується використовувати контрольні карти Шухарта та контрольні карти кумулятивних сум.

Оцінка технічної компетентності лабораторії використовують один і той же метод, прецизійність якого визначена в ході експериментів по її оцінці.

При зіставлення методів випробувань порівнює між двох методах, тобто порівнюють прецизійність двох методів і правильність двох методів.

Об'єкт дослідження є міжлабораторні порівняльні дослідження.

Предмет розробки: Інформаційно-вимірювальне та алгоритмічного забезпечення міжлабораторні порівняльні дослідження.

Метою дослідження є:

- проведено аналіз підходів, що використовують при опрацюванні результатів міжлабораторних порівняльних досліджень;
- розробити алгоритмічного забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і їх використання в практичній діяльності лабораторій;
- розробити інформаційно вимірювальне забезпечення системи опрацювання результатів міжлабораторних досліджень;
- Здійснено апробація запропонованих рішень за допомогою моделювання.

Апробація результатів. Основні результати роботи підготовлені та опубліковані редакцією XVI Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні».

*Ключові слова: міжлабораторні порівняльні випробування, показники точності, інформаційно-вимірювальне забезпечення, алгоритмічне забезпечення.*

## **ABSTRACT**

The total volume of the master's thesis consists of an introduction, 6 chapters, a conclusion, a bibliography of 6 titles. The total amount of work is 84 pages. The work contains 45 tables and 13 figures.

The object of the research is to evaluate the accuracy indicators of interlaboratory testing and the use of these indicators for the practical activities of laboratories.

The relevance of the topic of the work is associated with the creation of information-measuring and algorithmic support for the processing of data from interlaboratory comparative studies and their use.

When conducting interlaboratory comparative studies, the parameters of the accuracy of interlaboratory testing will be evaluated: correctness and precision. These indicators are used both for a one-time analysis of the quality of the laboratory, and during its operation for periodic monitoring of the quality of the laboratory.

In solving a number of practical problems that arise in laboratories, these previously estimated accuracy indicators are used for a number of purposes.

At the same time, to check the acceptability of the test results and determine the final declared result, precision indicators are used, namely, the standard deviation of the turnability and the standard deviation of reproducibility.

Intra-laboratory control of the accuracy of test results is associated with periodic control of indicators of correctness and accuracy. For results within the laboratory, it is suggested to use Shewhart control charts and cumulative sum control charts.

Assessment of technical competence laboratories use the same method, the precision of which is determined during experiments to evaluate it..

When comparing test methods, compares between two methods, that is, compares the precision of the two methods and the correctness of the two methods.

The object of the research is interlaboratory comparative studies.

Subject of development: Information-measuring and algorithmic support interlaboratory comparative studies.

The aim of the study is:

- the analysis of approaches is carried out, they are used in processing the results of interlaboratory comparative studies;
- to develop algorithmic support for processing the results of comparative tests and their use in the practical activities of laboratories;
- to develop information and measurement support for a system for processing the results of interlaboratory research;
- The proposed solutions for home modeling have been tested..

Approbation of the results. The main results of the work were prepared and published by the editors of the XVI Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists «Efficiency and Automation of Engineering Solutions in Instrumentation».

*Key words: interlaboratory comparative tests, accuracy indicators, information and measurement support, algorithmic support.*

# Зміст

	стр.
1 Вступ	5
Розділ 1. Огляд і аналіз метрологічних показників, які досліджують при міжлабораторних порівняльних дослідженнях	6
1.1 Характеристики точності методик і результатів вимірювань	6
1.1.1 Правильність методик і результатів вимірювань	8
1.1.2 Види правильності методик і результатів вимірювань	9
1.1.3 Оцінювання правильності методик і результатів вимірювань	11
1.2 Прецизійність методів і результатів вимірювань	12
1.2.1 Прецизійність методик і результатів вимірювань	12
1.2.2 Види прецизійності (повторюваність і воспроизводність) методик і результатів вимірювань	13
1.2.3 Оцінювання прецизійності методик і результатів вимірювань	15
Висновки по розділу 1	18
Розділ 2. Використання показників точності міжлабораторних порівняльних випробувань в практичній діяльності випробувальних лабораторій	19
2.1 Перевірка прийнятності результатів випробувань і визначення кінцевого заявленого результату	20
2.2 Внутрішньолабораторний контроль точності результатів випробувань	22
2.3 Оцінка технічної компетентності лабораторії	24
2.4 Зіставлення методів випробувань	26
2.5 Застосування оцінок точності при оцінюванні невизначеності вимірювань	28
Висновки по розділу 2	30

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата				
Розроб.		Батбаяр А.			Інформаційно-вимірювальне та алгоритмічне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень	Лит.	Лист	Листів
Провір.		Шведова В.В.						84
Реценз.						НТУУ «КПІ», ПВ-91мп		
Н. Контр.								
Затверд.		Єременко В.С.						



Розділ 3. Розробка алгоритмічного забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і їх використання в практичній діяльності лабораторій.	31
3.1 Алгоритмічне забезпечення результатів обробки міжлабораторних дослідження	32
3.2 Алгоритмічне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій	36
3.2.1 Алгоритмічне забезпечення перевірки прийнятності результатів випробувань	36
3.2.2 Алгоритмічне забезпечення внутрішньолабораторний контроль точності результатів випробувань	38
3.2.3 Алгоритмічне забезпечення оцінка технічної компетентності лабораторії	39
Висновки по розділу 3	42
Розділ 4. Розробка інформаційно вимірювального забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і їх використання в практичній діяльності лабораторій.	43
4.1 Інформаційне вимірювальне забезпечення результатів порівняльних випробувань	43
4.2 Інформаційно вимірювальне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій	47
Висновки по розділу 4	50
Розділ 5. Апробація отримання результат	51
5.1 Апробація отримання результат порівняльних випробувань	52
5.2 Апробація отримання результат порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій	56
Висновки по розділу 5	58

Розділ 6. Розробка стартапів проекту «Інформаційно-вимірювальна і алгоритмічне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень»	59
6.1 Опис ідеї проекту	59
6.2 Технологічний аудит ідеї проекту	61
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	64
6.4 Розробка ринкової стратегії і маркетингової програми проекту	69
6.5 Організація реалізації стартап-проекту	73
Висновки по розділу 6	81
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	82
Список використаної літератури	84

## Вступ

Міжлабораторні порівняльні випробування (МПВ) - організація, проведення і оцінка якості випробувань одних і тих же об'єктів по одним і тим же показниками складу або властивості в двох або більшому числі випробувальних лабораторій відповідно до заздалегідь встановленими умовами.

Проведення міжлабораторних порівняльних випробувань (МПВ) має велике значення для забезпечення єдності вимірювань, так як є найбільш об'єктивним і ефективним методом визначення реального рівня роботи лабораторій.

Інформаційно-вимірювальне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень (далі ІВМПВ) призначений для розрахувати показники правильності, прецезіонного і підвищити ефективність оцінювання цих показників.

Метою роботи (розробки) є розробити інформаційно-вимірювальне та алгоритмічне забезпечення для міжлабораторних порівняльних дослідження.

Дослідження по ІВМПВ:

Об'єкт: Міжлабораторні порівняльні дослідження

Предмет: Інформаційно-вимірювальне та алгоритмічне забезпечення складається з методика, аналітичний вираз і програма (LabView).

Коли проводять міжлабораторних порівняльних досліджень:

- при проведенні валідації методик вимірювання (нова методика)
- при проведенні верифікації методик вимірювання (для порівняння своєї роботи)
- при акредитації / або підтвердження акредитації лабораторіями.

## Розділ 1. Огляд і аналіз метрологічних показників, які досліджують при міжлабораторних порівняльних дослідженнях

### 1.1 Характеристики точності методик і результатів вимірювань [1]

Точність (ассигасу) – степінь близькості результату вимірювання до прийнятого опорного значення величини [1].

Іншими словами визначає точність як ступінь відповідності між виміряним значенням величини і істинним значенням величини вимірюваної величини.

Точності методу вимірювань розглядається як сукупність 2-х показників : «правильність » і « прецизійність » (рис. 1.1).

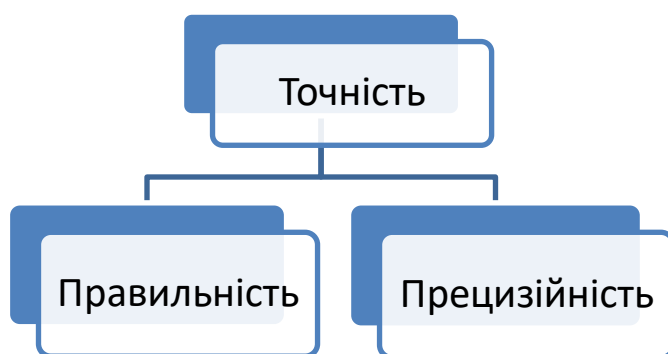


Рис. 1.1 - Точність (правильність і прецизійність)

Коли правильність і прецизійність присутні в системі разом, вона дає вимірювання, близькі до стандартного значенням і один одному. Правильність і прецизійність не залежать одне від одного. Кожен може бути збільшений або зменшений без зміни іншого.

### Оцінювання точності методик і результатів вимірювань [1]

З метою оцінки точності (правильності і прецизійності) методу вимірювань доцільно припустити, що кожен результат вимірювань.

$y$  - являє собою суму трьох складових

$$y = m + B + e \quad (1.1)$$

де  $m$  - загальне середнє значення (математичне очікування);

$B$  - лабораторна складова систематичної похибки в умовах повторюваності;

$e$  - випадкова складова похибки кожного результату вимірювань в умовах повторюваності.

На практиці такі методи обробки застосовні для більшості розподілів за умови, що вони є унімодальне (одновершинная) розподілами.

### **Загальна середнє значення $m$**

Це загальне середнє арифметичне всіх результатів випробувань. Значення  $m$  залежить виключно від істинного значення і методу вимірювань і не залежить від лабораторії, обладнання, оператора або часу, за яке було отримано результат.

### **Складова $B$**

Лабораторна складова зсуву відповідно до умов повторюваності  $B$  розглядається як величина, яка повинна бути постійною протягом будь-якої серії випробувань, що здійснюються згідно з умовами повторюваності, але різною для випробувань, що виконуються згідно з іншими умовами.

Член  $B$  може розглядатися в якості суми як випадкових, так і систематичних складових.

Дисперсія  $B$  називається міжлабораторної і виражається наступним чином:

$$\text{var}(B) = \sigma_L^2 \quad (1.2)$$

Міжлабораторних дисперсія  $\sigma_L^2$  включає в себе мінливість між операторами і між обладнанням.

### **Складова $e$**

Складова  $e$  являє собою випадкову похибку, що має місце в кожному результаті вимірювання, а процедури, представлені в цьому стандарті, були розроблені в припущенні, що розподіл цієї складової похибки є наближено нормальним.

У межах однієї лабораторії дисперсія в умовах повторюваності носить назву внутрішньолабораторний дисперсії і виражається наступним чином:

$$\text{var}(e) = \sigma_w^2 \quad (1.3)$$

Значення внутрішньолабораторний дисперсії буде різним унаслідок таких факторів, як наприклад, кваліфікація операторів, проте такі розходження будуть невеликі, що дозволяє встановити загальне значення внутрішньолабораторний дисперсії для всіх лабораторій, які мають даним методом вимірювань. Загальне значення, яке оцінюється середнім арифметичним внутрішньолабораторний дисперсій, носить назву дисперсії повторюваності:

$$\sigma_r^2 = \overline{\text{var}(e)} = \overline{\sigma_w^2} \quad (1.4)$$

На основі цієї моделі і прийнятих припущень про розподіли, що входять в неї випадкових величин, а також деяких метрологічних допущень відповідно до теорії дисперсійного аналізу знаходять показники точності, такі як: стандартне відхилення повторюваності  $\sigma_r$  і стандартне відхилення відтворюваності  $\sigma_R$ :

- стандартне відхилення повторюваності

$$\sigma_r = \sqrt{\overline{\text{var}(e)}} \quad (1.5)$$

- стандартне відхилення відтворюваності

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_r^2} \quad (1.6)$$

Стандартне відхилення повторюваності  $\sigma_r$  визначається безпосередньо з випадковою похибки  $e$ .

Стандартне відхилення відтворюваності  $\sigma_R$  відповідно до формули (1.6) залежить від суми дисперсії повторюваності і міжлабораторної дисперсії..

### 1.1.1 Правильність методик і результатів вимірювань [1]

Правильність (trueness) – степінь близькості середнього значення, отриманого на основі великої серії результатів вимірювань, до прийнятого опорного значення [1].

Тобто правильність описує різницю між вимірним значенням і фактичним значенням. Також характеризує здатність методу дати правильний результат.

Правильність - це міра статистичної похибки і заснована на одному факторі.

Коли прямо або побічно уявити справжнє значення тоді методу вимірювань має сенс.

Істинне значення носить тільки теоретичний характер і не зможе його точно визначити, замість нього використовується опорне (еталонне) значення, яке вважається правильним (що, також має певний ступінь невизначеності).

Прийняте еталонне значення (accepted reference value) – значення, яке слугує в якості узгодженого еталону для порівняння та яке визначається як:

а) теоретичне або встановлене значення, що базується на наукових засадах;

б) приписане або атестоване значення, що базується на експериментальних роботах будь-якої національної або міжнародної організації;

с) узгоджене або атестоване значення, що базується на спільних експериментальних роботах під керівництвом наукової або інженерної групи;

д) математичне сподівання вимірюваної характеристики, тобто середнє значення заданої сукупності результатів вимірів - лише в разі, коли а), б) і с) недоступні. [1].

### 1.1.2 Види правильності методик і результатів вимірювань [1]

Правильність характеризується показником - зміщення (bias).

На відміну від точності, зміщення - це середнє відхилення від істинного значення.

Це різниця між математичним очікуванням результатів випробувань [вимірювань] та прийнятим еталонним значенням.

Зміщення буває 3-х видів: «Лабораторне зміщення», «Зміщення методу вимірювань» и «Лабораторна складова зміщення» (рис. 2).



Рис. 1.2 - Види правильности

## 1 Лабораторне зміщення

Різниця між математичним сподіванням результатів випробувань, отриманих в окремій лабораторії, та прийнятим еталонним значенням.

Позначення  $\Delta$ .

## 2 Зміщення методу вимірювань

Різниця між математичним сподіванням результатів випробувань, отриманих в усіх лабораторія, які використовують даний метод, та прийнятим еталонним значенням.

Позначення  $\delta$ .

Цей метод оцінюється відхилення середнього значення результатів вимірювання, який отримують з великого числа різних лабораторій, що використовують один і той же метод. І також може залежати від значення вимірюваної характеристики, тобто може бути різною на різних рівнях.



### 3 Лабораторна складова зміщення

Різниця між лабораторним зміщенням та зміщенням методу вимірювань.  
Позначення  $B$ .

Лабораторна складова зміщення при реалізації конкретного методу вимірювань (МВВ) є специфічною для даної лабораторії і умов виконання вимірювань в межах лабораторії, і її значення також може залежати від значення вимірюваної величини.

Лабораторна складова зміщення відноситься до загальної середньої результату вимірювань, але не до істинного або опорного значення вимірюваної величини.

#### 1.1.3 Оцінювання правильності методик і результатів вимірювань [4]

Для визначення показників правильності використовують наступну модель, отриману з основної моделі:

$$y = m + B + e = \delta + B + e = \mu + \Delta + e \quad (1.7)$$

де  $m$  - загальне середнє значення (математичне очікування), розраховане на основі всіх результатів випробувань;

$B$  - лабораторна складова систематичної похибки в умовах повторюваності;

$e$  - випадкова складова похибки кожного результату вимірювань в умовах повторюваності.

$\mu$  – прийняте еталонне значення;

$\delta$  – зміщення методу;

$\Delta = \delta + B$  – лабораторне зміщення.

Правильність методу також оцінюється за результатами проведення міжлабораторного експерименту. Для розрахунку показників правильності необхідно використовувати еталонні матеріали.

Еталонні матеріали (стандартні зразки, атестовані суміші, спеціально приготовлені зразки) повинні мати відомі характеристики вимірюваної величини ( $\mu$ ) і матрицю близьку до матриці матеріалу, що піддається випробуванню.

Оцінки лабораторного зміщення розраховують таким чином:

$$\Delta_i = m_i - \mu \quad (1.8)$$

Де  $m_i$  – середнє арифметичне результатів вимірювань;

$\mu$  – прийняте еталонне значення;

Середнє арифметичне результатів вимірювань визначають за наступною формулою:

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad (1.9)$$

Оцінка зміщення методу  $\delta$  розраховується за наступною формулою:

$$\delta = y - \mu \quad (1.10)$$

Оцінки лабораторного складово зміщення розраховують наступним чином:

$$B = \Delta_i - \delta \quad (1.11)$$

## 1.2 Прецизионность методик и результатов измерений

### 1.2.1 Прецизійність методик і результатів вимірювань [2]

Прецизионность (precision) - близькість між незалежними результатами випробувань [вимірювань], отриманих за прийнятих умов.

Прецизійність залежить тільки від випадкових впливів і не залежить від істинного значення або опорного значення вимірюваної величини.

Міру прецизійності зазвичай виражають в термінах неточності і обчислюють як стандартне відхилення результатів вимірювань. Менша прецизійність відповідає більшому стандартному відхиленню.

Кількісні характеристики прецизійності залежать від прийнятих умов. Основними факторами (крім варіації між передбачувано ідентичними зразками), що впливають на мінливість результату випробувань, є наступні:

- а) час, між окремими вимірюваннями.
- б) калібровка обладнання;
- в) вплив оператора;
- г) обладнання, що використовується;

д) умови оточуючого середовища (температура, вологість, забруднення повітря тощо);

Фактори, що впливають на результати вимірювань не можуть бути цілком та повністю контрольованими, тому розсіювання результатів вимірювань мають бути враховані.

В традиційній теорії похибок випадкове розсіювання результатів вимірювання характеризують як випадкову похибку вимірювання.

### 1.2.2 Види прецизійності (повторюваність і відтворюваність) методик і результатів вимірювань.

Прецизійність буває 2-х видів: «повторюваність» і «відтворюваність» (рис. 3).

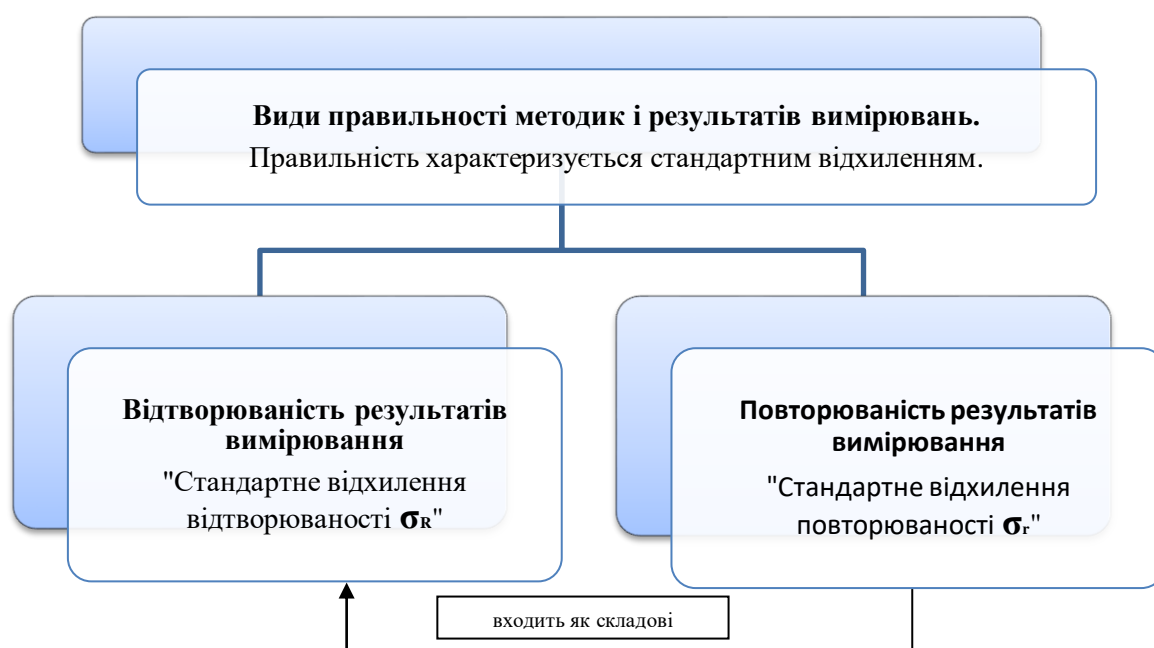


Рис. 1.3 - Види правильності

#### Повторюваність [1]

Повторюваність (repeatability) - прецизійність в умовах повторюваності.

Умови повторюваності (repeatability condition) – умови, за яких незалежні результати випробувань [вимірювань] отримані одним методом на ідентичних зразках випробувань в одній лабораторії одним оператором з використанням одного обладнання та за короткий інтервал часу.

Стандартне відхилення повторюваності (repeatability standard deviation) – стандартне відхилення результатів випробувань [вимірювань], отриманих в умовах повторюваності.

Позначення  $\sigma_r$ .

Границя повторюваності (repeatability limit) – таке значення, що абсолютна різниця між двома результатами випробувань [вимірювань], отриманих в умовах повторюваності, очікувано буде меншою за нього або дорівнювати йому з ймовірністю 95%.

### **Відтворюваність [1]**

Відтворюваність (reproducibility) – прецизійність в умовах відтворюваності.

Умови відтворюваності (reproducibility condition) – умови, за яких незалежні результати випробувань [вимірювань] отримані одним методом на ідентичних зразках випробувань в різних лабораторіях різними оператором з використанням різного обладнання та за короткий інтервал часу.

Стандартне відхилення відтворюваності (reproducibility standard deviation) – стандартне відхилення результатів випробувань [вимірювань], отриманих в умовах відтворюваності.

Позначення  $\sigma_R$ .

Границя відтворюваності (reproducibility limit) – таке значення, що абсолютна різниця між двома результатами випробувань [вимірювань], отриманих в умовах відтворюваності, очікувано буде меншою за нього або дорівнювати йому з ймовірністю 95%.

Знання правильності і прецизійності методу вимірювань дозволяє оцінити систематичну похибку і повторюваність результатів лабораторії, яка претендує бути визнаною компетентної (лабораторії-кандидата), або за допомогою використання стандартних зразків, або на підставі міжлабораторного експерименту.

### 1.2.3 Оцінювання прецизійності методик і результатів вимірювань

Оцінки показників повторюваності і відтворюваності отримують, використовуючи основну модель, що описується формулою 1.1:

$$y = m + B + e \quad (1.1)$$

де  $m$  - загальне середнє значення (математичне очікування);

$B$  - лабораторна складова систематичної похибки в умовах повторюваності;

$e$  - випадкова складова похибки кожного результату вимірювань в умовах повторюваності.

Для отримання статистичних даних проводять міжлабораторний експеримент, кінцевою метою якого є розрахунок стандартного відхилення повторюваності  $\sigma_r$  і стандартного відхилення відтворюваності  $\sigma_R$ .

Показники прецизійності, отримані за результатами вимірювань невеликої вибірки є вибірковими оцінками і для їх позначення замість символу  $\sigma$  використовують символ  $S$ :

$S_r$  – стандартне відхилення повторюваності;

$S_L$  – міжлабораторних стандартне відхилення;

$S_R$  – стандартне відхилення відтворюваності розраховується як:

$$S_R = \sqrt{S_L^2 + S_r^2} \quad (1.12)$$

У міжлабораторному експерименті по оцінці прецизійності беруть участь  $p$  лабораторій, які проводять вимірювання декількох зразків ( $q$  рівнів) і отримують  $n$  повторних (паралельних) результатів в умовах повторюваності. Кількість лабораторій, які беруть участь в експерименті, має бути оптимізовано, так як це впливає на невизначеність отриманих оцінок. Зазвичай вибирають значення  $p$  між 8 і 15.

Критерій Кохрена використовується для перевірки однорідності дисперсій даних, отриманих в кожній лабораторії ( $S_{ji}$ ), перед тим, як розраховувати Внутрішньолабораторний дисперсію:

$$C_j = \frac{S_{j\max}^2}{\sum_{i=1}^p S_{ji}^2} \quad (1.13)$$

$$S_{(j\max)}^2 = \max \{S_{j1}^2, \dots, S_{jp}^2\}$$

Критерій Граббса використовують для перевірки однорідності середніх значень ( $\bar{y}_{ji}$ ), представлених різними лабораторіями перед обчисленням показників відтворюваності методики:

$$G_p = \frac{\max_i |\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_j|}{S_j} \quad (1.14)$$

де  $\bar{\bar{y}}_j$  і  $\bar{y}_{ij}$  – середнє арифметичне значення рівня в різних лабораторіях і середнє значення в осередку відповідно, які обчислюють за формулами 15–16:

$$\bar{\bar{y}}_j = \frac{\sum_{i=1}^p \bar{y}_{ij}}{p} \quad (1.15)$$

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \quad (1.16)$$

Стандартне відхилення  $S_j$  обчислюється за формулою:

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_j)^2} \quad (1.17)$$

Після перевірки експериментальних даних на викиди, обчислюють міру розсіювання в осередках - внутрішньолабораторне стандартне відхилення  $S_{ij}$ :

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij}-1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \overline{y_{ij}})^2} \quad (1.18)$$

де  $y_{ijk}$  –  $k$  результат вимірювань в  $i$ -тій лабораторії для рівня  $j$ ;

$\overline{y_{ij}}$  – середнє значення в осередку, розраховане за формулою (16);

$n_{ij}$  – кількість результатів в осередку.

Для кожного рівня  $j$  обчислюють дисперсію повторюваності  $S_{rj}^2$ , міжлабораторних дисперсію  $S_{Lj}^2$  і дисперсію відтворюваності  $S_{Rj}^2$  за такими формулами 19–23:

$$S_{rj}^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_{ij}-1) S_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p (n_{ij}-1)} \quad (1.19)$$

$$S_{Lj}^2 = \frac{S_{dj}^2 - S_{rj}^2}{n_j} \quad (1.20)$$

$$S_{dj}^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_{ij} (\overline{y_{ij}} - \overline{y_j})^2 \quad (1.21)$$

$$\overline{n_j} = \frac{1}{p-1} \left[ \sum_{i=1}^p n_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^p n_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p n_{ij}} \right] \quad (1.22)$$

$$S_{Rj}^2 = S_{rj}^2 + S_{Lj}^2 \quad (1.23)$$

За отриманими значеннями дисперсій розраховують стандартні відхилення повторюваності  $S_{rj}$  і відтворюваності  $S_{Rj}$  як корінь квадратний з відповідних дисперсій (формули 19, 23). Так як оцінки отримані за результатами повномасштабних досліджень, то можна вважати що  $S_r = \sigma_r$ , а  $S_R = \sigma_R$ .

## Висновки по розділу 1.

Були проаналізовані характеристики точності результатів вимірювання при міжлабораторних дослідженнях. Це: правильність і прецизійність.

Правильність представлена зміщення на 3-х видів: Лабораторне зміщення, зміщення методу вимірювань і лабораторна складова зміщення.

Прецизійність характеризується стандартним відхиленням на 2-х видів: повторюваність і відтворюваність.

Ці показники використовують як для одноразового аналізу якості роботи лабораторії, так і в процесі її експлуатації для періодичного моніторингу якості роботи лабораторії. А також в практичній діяльності випробувальних лабораторій для:

- Перевірка прийнятності результатів випробувань і визначення кінцевого заявленого результату
- Внутрішньолабораторний контроль точності результатів випробувань
- Оцінка технічної компетентності лабораторії
- Співставлення методів випробувань.



## Розділ 2. Використання показників точності міжлабораторних порівняльних випробувань в практичній діяльності випробувальних лабораторій

Міжлабораторні порівняння - організація, виконання та оцінювання вимірювань або випробувань однакових або схожих предметів двома або більшою кількістю лабораторій відповідно до заздалегідь встановлених умов [5].

Порівняння в межах однієї лабораторії - організація, виконання та оцінювання вимірювань або випробувань однакових або схожих предметів в одній і тій же лабораторії у відповідності з заданими умовами [5].

Перевірка кваліфікації - оцінка діяльності учасника відповідно до заздалегідь встановлених критеріїв шляхом проведення міжлабораторних порівняльних випробувань [5].

Показники точності відповідно до ДСТУ ГОСТ ISO 5725 визначаються на підставі експериментальних статистичних даних, які можуть бути отримані в умовах міжлабораторного (показники правильності, відтворюваності і повторюваності) і внутрішньолабораторного експерименту (показники проміжної прецизійності).

Основні показники визначаються при проведенні міжлабораторного експерименту (сумісного оціночного експерименту), який проводиться на ідентичних зразках і з використанням одного і того ж стандартного методу вимірювання.

Міжлабораторні експерименти, об'єднані в блоки, складають основний зміст стандарту ДСТУ ГОСТ ISO 5725. Це дозволяє в одному блоці (в одному експерименті) оцінити всі необхідні показники. При цьому приділяється увага не



Методи перевірки прийнятності повинні застосовуватися тільки в тому випадку, коли вимірювання виконують в точній відповідності зі стандартним методом вимірювань, стандартні відхилення якого  $\sigma_r$  та  $\sigma_R$  відомі.

**Для перевірки прийнятності результатів вимірювань використовують:**

- межі повторюваності або відтворюваності для перевірки прийнятності двох результатів;
- критичні розмахи для перевірки прийнятності більше ніж два результати;
- критичні різниці для груп результатів випробувань.

**При перевірці прийнятності здійснюється:**

### **А) Методи перевірки прийнятності результатів вимірювань, отриманих в умовах повторюваності**

### Випадок отримання два результату вимірювання в одній лабораторії

Два результату вимірювань, отриманих в одній лабораторії повинні бути отримані в умовах повторюваності.

Якщо виконується умова  $|y_1 - y_2| \leq r$ ,

де  $r$  – межа повторюваності, розрахований за формулою:

$$r = 2,8\sigma_r \quad (2.1)$$

то результати вважаються прийнятними і за остаточний результат беруть їх середнє арифметичне значення.

**Випадок отримання більш двох результату вимірювань в одній лабораторії**

Якщо ця умова не виконується, то отримують ще два результату і аналізують вибірку з чотирьох результатів. Якщо виконується нерівність  $|y_{\max} - y_{\min}| \leq f(4)\sigma_r$ , то в якості результату беруть середнє значення з чотирьох повітряних результатів.

Якщо ця нерівність не виконується, то в якості результату вимірювання беруть медіану - середнє арифметичне з двох центральних значень рангового ряду.

**Б) Методи перевірки прийнятності результатів вимірювань, отриманих в умовах як повторюваності, так і відтворюваності**

**Випадок отримання тільки одного результату вимірювань в кожній лабораторії**

Якщо в кожній лабораторії виконується по одному результату вимірювання, то перевіряють виконання нерівності  $|y_1 - y_2| \leq R$ ,

де  $R$  – межа відтворюваності розрахований за формулою:

$$r = 2,8\sigma_R \quad (2.2)$$

**Випадок, отримання більш одного результату вимірювань в кожній лабораторії**

Якщо нерівність виконується, то в якості остаточного результату можна взяти їх середнє значення.

Якщо в лабораторіях проводилося більше одного результату вимірювання, то порівнюють середні арифметичні  $\bar{y}_1, \bar{y}_2$ , отримані в цих лабораторіях за такою формулою:

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2}\right)} \quad (2.3)$$

Якщо виконується умова, вважаються результат прийнятними і в якості кінцевого заявленого результату можна взяти загальну середню.

## **2.2 Внутрішньолабораторний контроль точності результатів випробувань [4]**

Внутрішній контроль (контроль стабільності) пов'язаний з періодичним контролем показників правильності і прецизійності (повторюваності, проміжної прецизійності). Для контролю стабільності результатів в межах лабораторії, пропонується використовувати контрольні карти Шухарта (ISO 8258) і контрольні карти кумулятивних сум. (ISO/TR 7871).

Якщо прецизійність або правильність змінюються з часом поступово, контрольної карти кумулятивних сум ефективніше, ніж карти Шухарта, в той час як при наявності раптових змін (стрибків) використання карти кумулятивних сум замість контрольної карти Шухарта не дає ніяких переваг.

Оскільки повільні зміни найбільш характерні і важливі стосовно правильності, а раптові зміни - стосовно прецизійності, для контролю правильності рекомендуються контрольні карти кумулятивних сум, а для контролю прецизійності - контрольні карти Шухарта [1].

Контрольні карти представляють собою графіки, на яких по горизонтальній осі відкладають порядковий номер підгрупи вимірювань, а по вертикальній - результати вимірювань, зазвичай значення вимірюваної величини для стандартного зразка або інші розраховані за результатами вимірювань статистики (стандартне відхилення, розмах, кумулятивні суми і т.д.).

Контроль стабільності результатів вимірювань зазвичай здійснюється з використанням стандартних зразків.



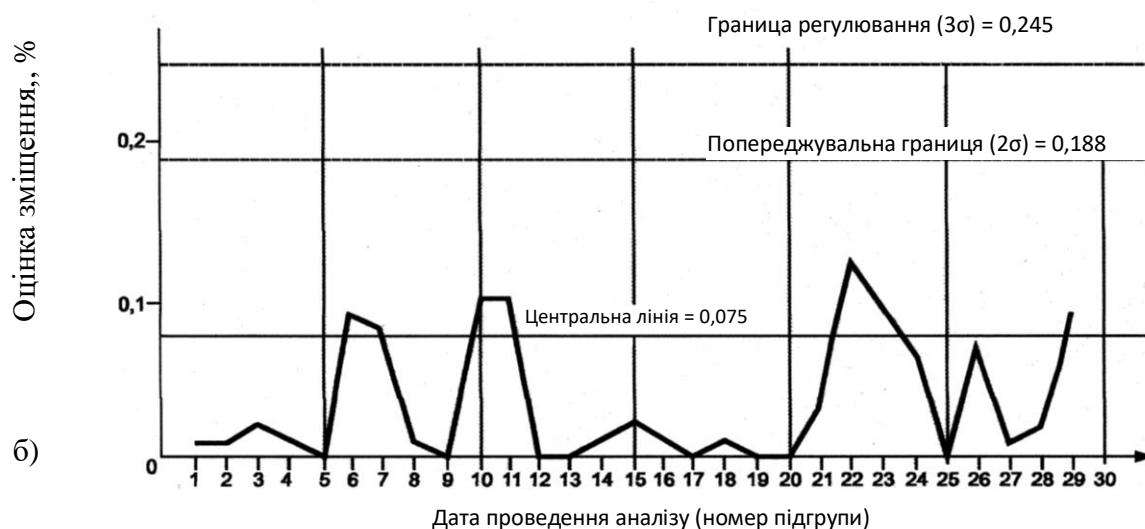


Рис. 2.1 Контрольна карта Шухарта

Для контролю за стабільністю прецизійності можуть використовуватися наступні види контрольних карт Шухарта:

- стандартних відхилень  $S$  ( $S$ -карта);
- розбіжностей (розмахів)  $R = X_{\max} - X_{\min}$  ( $R$ -карта);
- поточних (що ковзають) розбіжностей  $R_{\hat{n}} = X_{n+1} - X_n$  ( $R_{\text{ск.}}$ -карта).

Для контролю за стабільністю правильності можуть бути використані наступні карти:

- середніх арифметичних ( $\bar{X}$ -карта);
- відхилень середніх арифметичних від еталонного значення ( $\bar{X} - \mu$ -карта);
- кумулятивна сума ( $\sum \bar{X} - \mu$ -карта).

### 2.3 Оцінка технічної компетентності лабораторії [4]

Оцінка технічної компетентності лабораторій проводиться з метою встановлення якості результатів випробувань в лабораторіях, які використовують один і той же метод, прецизійність ( $\sigma_r$ ,  $\sigma_R$ ) якого визначена в ході експериментів по її оцінкою.

Оцінка компетентності може здійснюватися органами з акредитації лабораторій, а також іншими уповноваженими організаціями, що здійснюють

оцінку компетентності випробувальних лабораторій, або навіть самими випробувальними лабораторіями, бажаними оцінити свою технічну компетентність або лабораторії-підрядника.

Залежно від наявності еталонних матеріалів для конкретного методу або компетентної лабораторії виділяють три типи оцінки роботи лабораторії:

1) У тому випадку, коли на необхідному числі рівнів є еталонні матеріали, оцінка проводиться відносно тільки однієї лабораторії. Така проста оцінка неможлива в разі відсутності еталонних матеріалів по конкретному методу вимірювань.

2) Робота лабораторії може порівнюватися з роботою високоточної лабораторії, яка є загальновизнаною, як забезпечує прийнятні еталонні значення для порівняння з метою оцінки.

3) З метою постійної оцінки лабораторій часто оцінюються спільно декілька лабораторій. У цьому випадку доцільно проводити спільний оціночний експеримент. Мета проведення спільного оціночного експерименту - порівняти результати лабораторій один з одним з метою підвищення якості роботи лабораторій.

У випадку, якщо є еталонні зразки, оцінка роботи лабораторії полягає в перевірці стабільності показників повторюваності, проміжної прецизійності і зміщення. Для цього проводять  $n$  повторних вимірювання еталонних зразків на декількох рівнях в умовах повторюваності або проміжної прецизійності.

При оцінці внутрішньої прецизійності розрахована за результатами випробувань дисперсія  $s_r^2$  порівнюється з дисперсією повторюваності методу  $\sigma_r^2$ .

Приймальний критерій наступний:

$$\frac{s_r^2}{\sigma_r^2} < \frac{\chi_{(1-\alpha)(v)}^2}{v} \quad (2.4)$$

де  $\chi_{(1-\alpha)(v)}^2$  – є  $(1-\alpha)$  квантиль розподілу  $\chi^2$  з  $v=n-1$  ступенями свободи.

Якщо окремо не обумовлено, рівень значущості  $\alpha$  приймається рівним 0,05.

При перевірці зміщення середн  $\bar{y}$  по кожному рівню порівнюється з відповідним еталонним значенням  $\mu$ . Приймальний критерій буде наступним:

$$|\bar{y} - \mu| < 2\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2 \left( \frac{n-1}{n} \right)} \quad (2.5)$$

У випадку, якщо немає стандартних зразків, необхідна участь компетентної лабораторії. Порівнюються середні арифметичні результатів випробувань, отримані в двох лабораторіях на кожному рівні. Приймальний критерій має вигляд:

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 2\sqrt{2}\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2 \left( 1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2} \right)} \quad (2.6)$$

## 2.4 Співставлення методів випробувань

Мета проведення такого експерименту - порівняти метод В зі стандартизованим методом А і показати, що вона не гірше в області його застосування або порівняти два рівноправних методу для вибору кандидата в стандартизовані методи.

Процедура забезпечує доказ, мають чи ні два методу різну прецизійність і / або правильність.

Для цього:

- порівнюють прецизійність двох методів;
- порівнюють правильність двох методів

У випадку, якщо один з методів (метод А) є стандартним методом вимірювань, порівняння внутрішньолабораторний прецизійності здійснюється по кретирию Пірсона за наступною формулою:

$$\frac{s_{rB}^2}{\sigma_{rA}^2} \leq \frac{\chi^2_{(1-\alpha)(v_{rB})}}{v_{rB}} \quad (2.7)$$





$F_{\alpha/2}(v_{rB}, v_{rA})$  та  $F_{(1-\alpha/2)}(v_{rB}, v_{rA}) \in \alpha/2$  і  $(1-\alpha/2)$  квантилями  $F$  розподілу зі ступенями свободи чисельника  $v_{rB}$  і знаменники  $v_{rA}$ :

$$\nu_{rB} = p_B(n_B - 1) \quad (2.14)$$

$$v_{rA} = p_A(n_A - 1) \quad (2.15)$$

## 2.5 Застосування оцінок точності при оцінюванні невизначеності вимірювань.

Результати міжлабораторних досліджень, які проводилися для оцінювання показників точності методу вимірювань, можуть бути джерелом даних для оцінювання невизначеності. Ступінь корисності цієї інформації залежить від факторів, які враховуються при проведенні експерименту. Деякі показники якості, отримані при міжлабораторному дослідженні, можуть безпосередньо використовуватися при оцінці невизначеності, деяких ж можуть потребувати перевірки з тим, щоб виявити будь-які джерела невизначеності, які лежать за рамками даного міжлабораторного експерименту.

У будь-якому випадку наявні дані міжлабораторних експериментів можуть істотно скоротити зусилля, що вимагаються для оцінки невизначеності вимірювання.

Для оцінки невизначеності вимірювань за показниками точності в ISO / TC 21748 - 2002 «Керівництво по застосуванню оцінок повторюваності, відтворюваності і правильності при оцінюванні невизначеності вимірювань» запропонована модель

$$y = m + \delta + B + (\sum c_j x'_j) + e \quad (2.16)$$

де  $y$  – результат вимірювання;

$m$  – значення вимірюваної величини;

$\delta$  – зрушення методу вимірювань;

$B$  – лабораторна складова систематичного зрушення;

$x_i'$  – це відхилення від номінального значення  $x_i$ ;

$c_i$  – лінійний коефіцієнт;

$e$  – випадкова похибка.

Відповідно до цієї моделі обчислення стандартної невизначеності здійснюють за формулою:

$$u(y)^2 = \underbrace{s_L^2 + s_r^2}_{s_R^2} + u(\delta)^2 + \sum c_i^2 u(x_i)^2 \quad (2.17)$$

де  $s_L^2$  – оцінка міжлабораторної дисперсії  $B$ ;

$s_r^2$  – оцінка Внутрішньолабораторний дисперсії  $e$ ;

$s_R^2$  – оцінка дисперсії відтворюваності;

$u(\delta)^2$  – невизначеність, пов'язана з встановленням систематичного зсуву методу вимірювань;

$u(x_i)$  – невизначеність, пов'язана з  $x_i$ ';

$c_i$  – лінійний коефіцієнт.

При використанні моделі необхідно виявити впливають величини, не передбачені умовами експерименту по визначенню стандартного відхилення відтворюваності, а також впливають величини, значення яких залишилися в ході експерименту постійними. Для цього повинна бути доступна повна інформація про план і результати проведеного міжлабораторного експерименту.

## Висновки по розділу 2

Для вирішення ряду практичних завдань, що виникають в лабораторіях, використовуються раніше оцінені показники точності.

При цьому для перевірки прийнятності результатів випробувань і визначення кінцевого заявленого результату, використовуються показники прецезіонного, а саме страндартное відхилення повряемості і стандартне відхилення воспроизодімости.

Внутрішньолабораторного контроль точності результатів випробувань пов'язаний з періодичним контролем показників правильності і прецизійності. Для результатів в межах лабораторії, пропонується використовувати контрольні карти Шухарта та контрольні карти кумулятивних сумм.

Оцінка технічної компетентності лабораторії використовують один і той же метод, прецизійність ( $\sigma_r$ ,  $\sigma_R$ ) якого визначена в ході експериментів по її оцінці.

При співставлення методів випробувань порівнює між двох методах, тобто порівнюють прецизійність двох методів і правильність двох методів.

### Розділ 3. Розробка алгоритмічного забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і їх використання в практичній діяльності лабораторій

Алгоритмічне забезпечення передбачає наявність двох етапів:

- Алгоритмічне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань
- Алгоритмічне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій

Загальний алгоритм представлений на рисунку 3.1

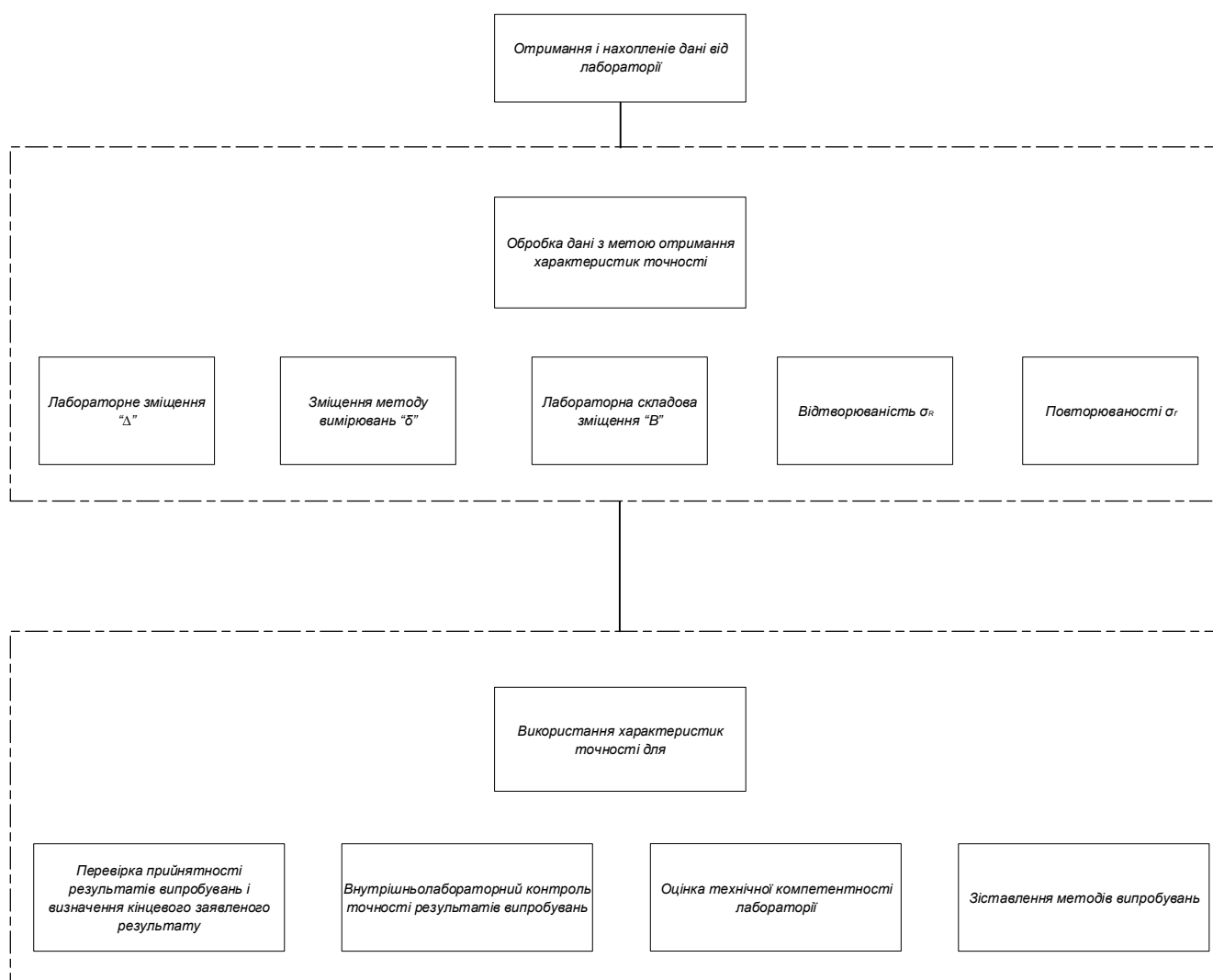


Рисунок 3.1 – Загальний алгоритм

Розглянемо детальніше цей загальний алгоритм. По-перше, отримує і накопичує дані від лабораторії. Далі обробить дані з метою отримання характеристик точності. Для цього потрібен розраховувати правильність і прецизійність, які включають лабораторне зміщення, зміщення методу вимірювань, лабораторна складова зміщення, відтворюваність і повторюваність. Потім використовує характеристики точності для:

- Перевірка прийнятності результатів випробувань і визначення кінцевого заявленого результату
- Внутрішньолабораторний контроль точності результатів випробувань
- Оцінка технічної компетентності лабораторії
- Співставлення методів випробувань.

### **3.1 Алгоритмічне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань**

Загальний алгоритм отримання характеристик "правильність" представлений на рисунку 3.2.

1. Алгоритм, починаючи отримати результати  $y_{ij}$  з лабораторії і розраховує середнього арифметичного результатів вимірювань  $m$ . Далі використовує середнього арифметичного результатів вимірювань " $m$ " і еталонне значення  $y_{\text{ет}}$ , розраховує лабораторну зміщення  $\Delta$ . Для розрахунок зміщення методу  $\delta$ , обчислює загальної середньої " $m$ " і еталонне значення  $y_{\text{ет}}$ .

Потім розраховує лабораторна складова зміщення  $B_i$ , використання лабораторна зміщення  $\Delta$  і зміщення методу  $\delta$ .

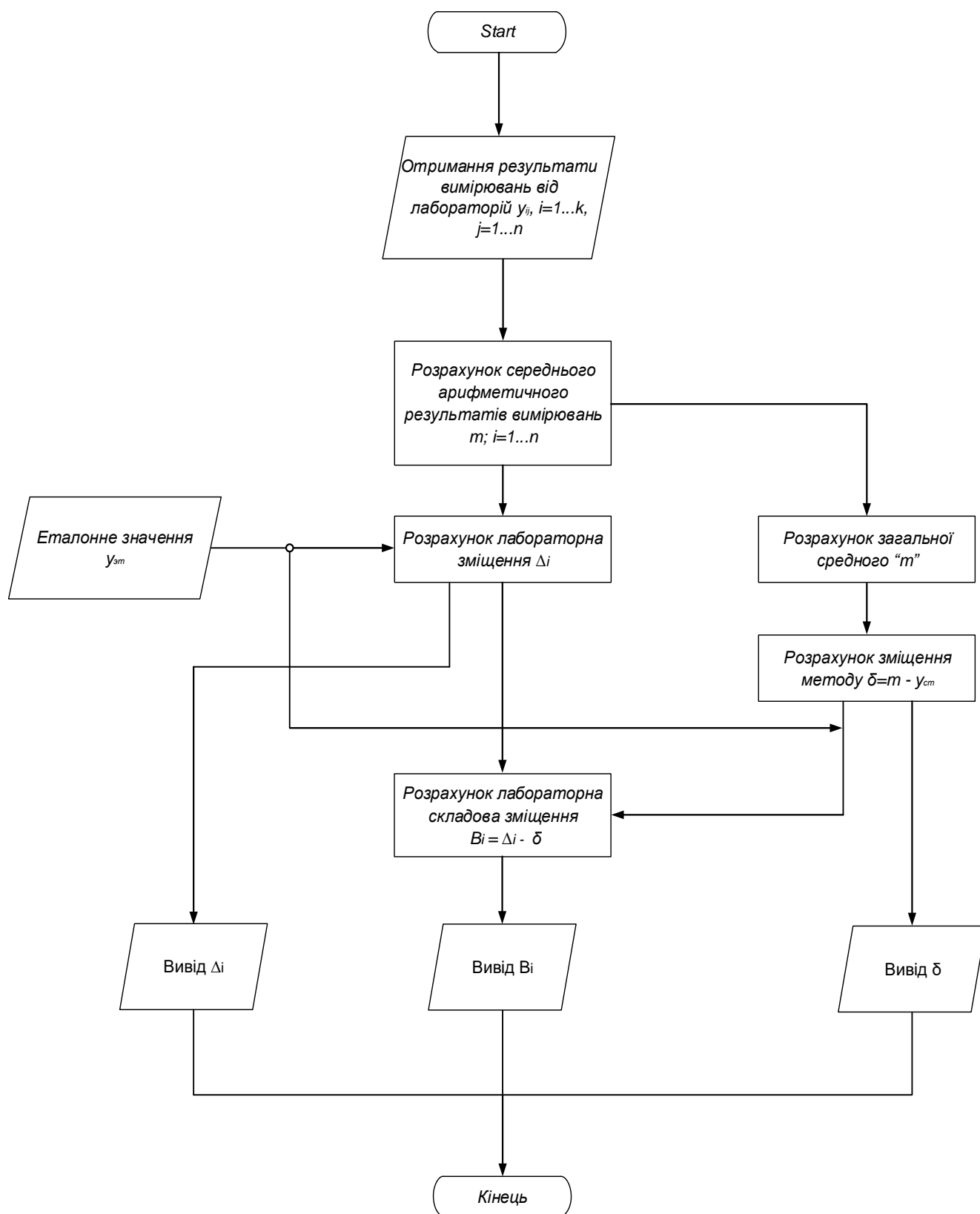


Рисунок 3.2 – Загальний алгоритм отримання характеристик “правильність”

Загальний алгоритм отримання характеристик "прецизійність" представлений на рисунку 3.3.

2. Розглянемо детальніше цей загальний алгоритм. Отримуємо результати  $y_{ij}$  з лабораторії  $i$  і розраховує середнього по лабораторії  $\bar{y}_j$ . Потім використовує результати  $y_{ij}$  і середнього по лабораторії  $\bar{y}_j$ , розраховує стандартне відхилення  $S_j$ . Далі розраховує загальної середньої по лабораторії  $\bar{\bar{y}}$  і стандартне відхилення в усіх лабораторії  $S$ .

Для розрахунків стандартного відхилення повторюваності  $\sigma_r$ , використовує стандартне відхилення  $S_j$  і кількість лабораторій.

Для того щоб розраховувати міжлабораторного стандартного відхилення  $\sigma_L$ , необхідно використовувати лабораторний складова зміщення  $B_i$  і середнього значення по лабораторна складова зміщення  $\bar{B}$ .

Потім розраховує стандартного відхилення відтворюваності  $\sigma_R$ , використання розраховувати міжлабораторного стандартного відхилення  $\sigma_L$  і стандартного відхилення повторюваності  $\sigma_r$ .

.



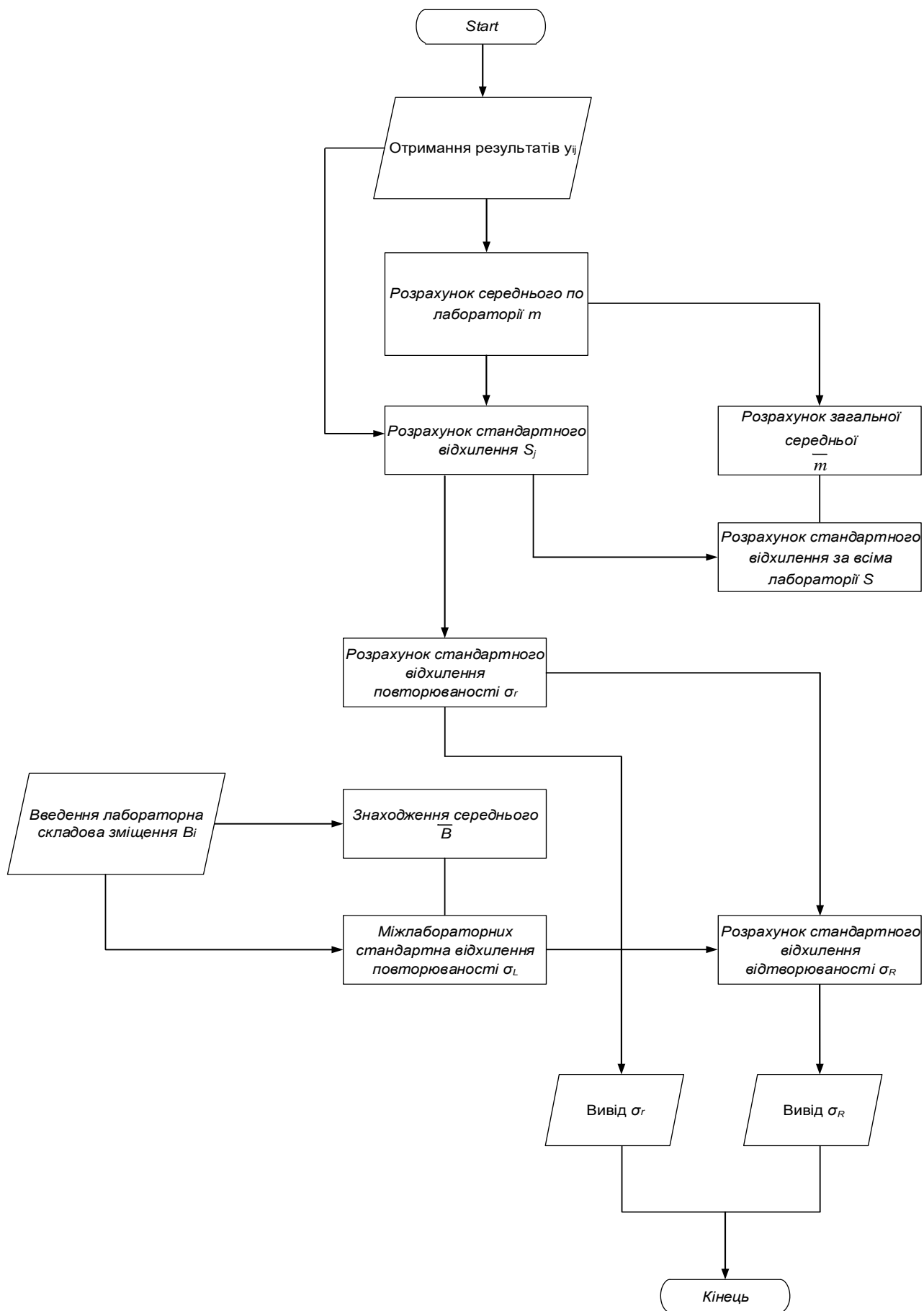


Рисунок 3.3 – Загальний алгоритм отримання характеристик “прецизійність”

## 3.2 Алгоритмічне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій

### 3.2.1 Алгоритмічне забезпечення перевірки прийнятності результатів випробувань

1. Загальний алгоритм перевірки прийнятності в одній лабораторії представлений на рисунку 3.4.

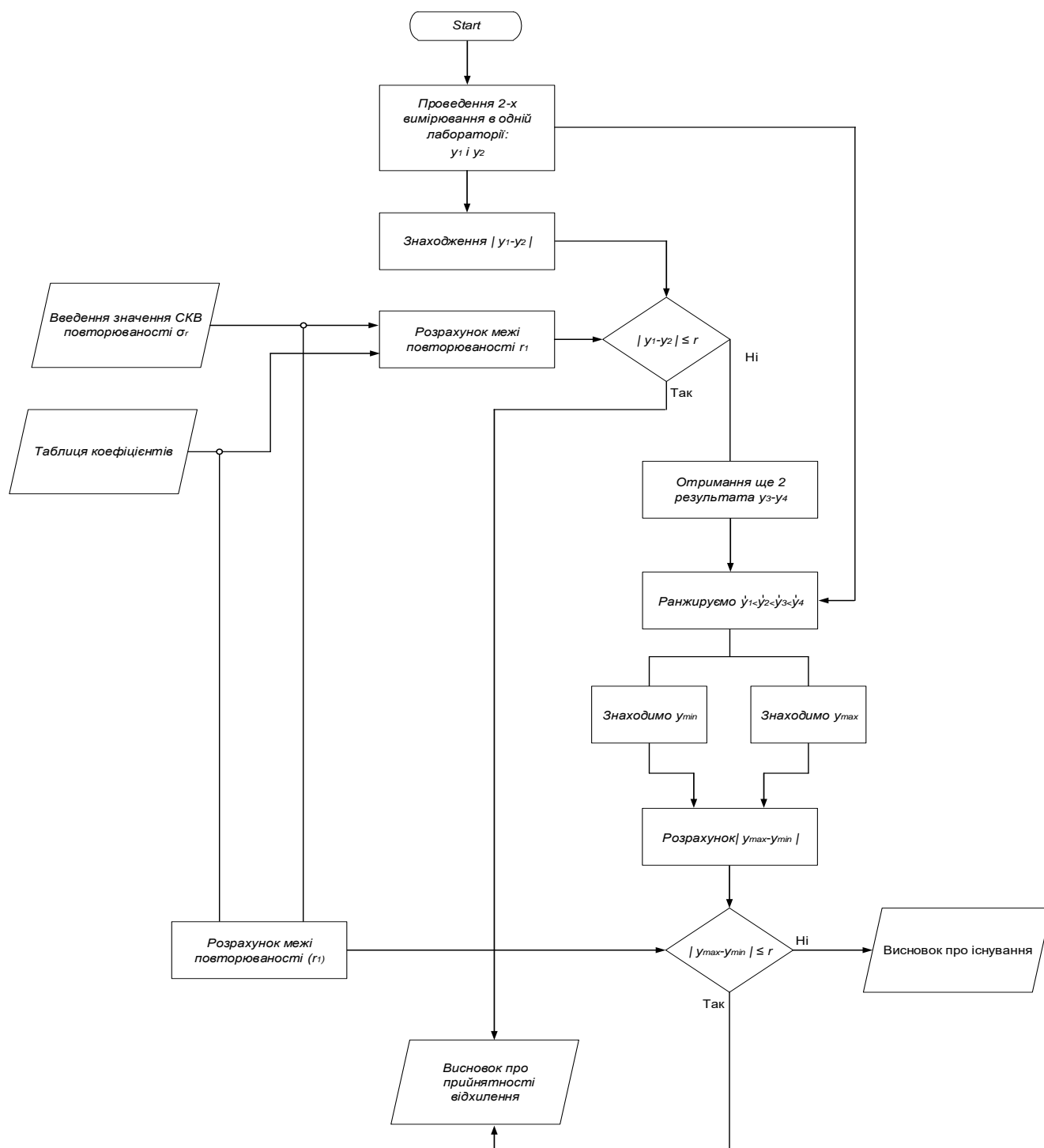


Рисунок 3.4 – Загальний алгоритм перевірки прийнятності в одній лабораторії

Розпочинає проведення 2-х вимірювання в одній лабораторії “ $y_1$  і  $y_2$ ”. Далі розраховує різниця двох вимірюванні  $|y_1 - y_2|$ . Порівнюємо отриману різницю з межею повторюваності  $r$ . Якщо різниця менше межі повторюваності, то результати вважаються прийнятними.

Якщо це порівняння не виконується, то отримують ще два результату “ $y_3$  і  $y_4$ ”. Потім ранжируємо всі чотири результати по зростанню, знаходимо  $y_{max}$  і  $y_{min}$ . Далі розраховує різниця  $y_{max}$  і  $y_{min}$  тобто  $|y_{max} - y_{min}|$ . Порівнюємо різницю з межею повторюваності, розрахованим для 4-х значення  $r$ . Якщо виконується нерівність  $|y_{max} - y_{min}| \leq r$ , то результати вважаються прийнятними.

Інакше даємо висновок про істотне розходження результатів, отриманих в лабораторії.

2. Загальний алгоритм перевірки прийнятності в двох лабораторії представлений на рисунку 3.5.

Алгоритм, починаючи проведення по 1-го вимірювань в двох лабораторії “ $y_1$  і  $y_2$ ”. Розраховує різниця двох вимірювання  $|y_1 - y_2|$  і порівнює на межі відтворюваності  $R$ . Якщо порівняння виконується то результати вважаються прийнятними.

Якщо це порівняння не виконується, то отримують серії результатів по кожному лабораторію “ $y_{n1}$  і  $y_{n2}$ ”. Потім розраховує середні “ $\overline{y_{n1}}$  і  $\overline{y_{n2}}$ ” і їх різниця  $|\overline{y_{n1}} - \overline{y_{n2}}|$ . Далі порівнює на  $\sqrt{R^2 - r^2(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2})}$ .

Щоб розрахувати межа повторюваності  $r$ , використовує значення СКВ повторюваності  $\sigma_r$  і таблиця коефіцієнтів.

Якщо виконується нерівність  $|\overline{y_{n1}} - \overline{y_{n2}}| \leq \sqrt{R^2 - r^2(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2})}$ , то результати вважаються прийнятними.

Чи не виконується нерівність, то даємо висновок про істотне розбіжності результатів, отриманих в лабораторії.

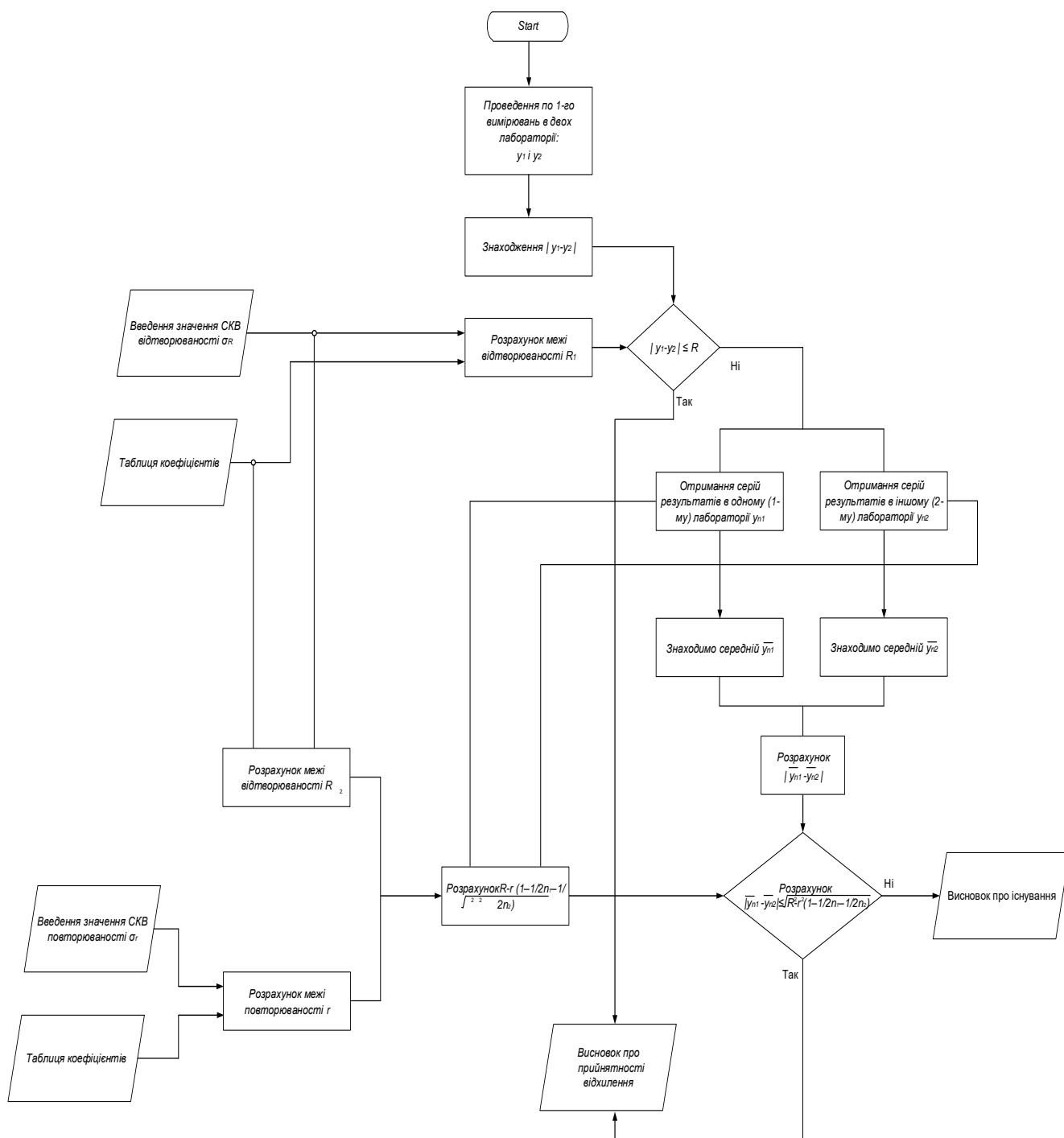


Рисунок 3.5 – Загальний алгоритм перевірки прийнятності в двох лабораторії.

### 3.2.2 Алгоритмічне забезпечення внутрішньолaboratorний контроль точності результатів випробувань

Отримання експериментальними шляхом значення характеристики точності порівняння зі граничними значеннями встановленими на даній підприємства.

### 3.2.3 Алгоритмічне забезпечення оцінка технічної компетентності лабораторії

Оцінка технічної компетентності лабораторії виділяє на 2-х методів, яка залежить від стандартного зразків.

- Метод вимірювань, для якого є стандартні зразки
- Метод вимірювань, для якого немає стандартних зразків

#### 1. Метод вимірювань, для якого є стандартні зразки

Коли є стандартні зразки, оцінка може проводитися в одній лабораторії. Оскільки прецизійність вимірювань визначена заздалегідь, тоді як систематичну похибку визначають шляхом співставлення результатів вимірювань з опорним значенням.

Розглянемо детальніше цей алгоритм. Розпочинає проведення 2-х вимірювання в одній лабораторії “ $y_1$  і  $y_2$ ” та розраховує середнього по лабораторії  $\bar{y}$ . Далі використовує середнього по лабораторії  $\bar{y}_j$  і еталонне значення  $y_{\text{эт}}$ , розраховує  $|\bar{y} - y_{\text{эт}}|$ .

Використовує стандартного відхилення відтворюваності  $\sigma_R$ , стандартного відхилення повторюваності  $\sigma_r$  і кількість лабораторій  $n$ , розраховує  $2\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(\frac{n-1}{n})}$ .

Потім порівнюємо  $|\bar{y} - y_{\text{эт}}|$  і  $2\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(\frac{n-1}{n})}$ . Якщо виконується нерівність  $|\bar{y} - y_{\text{эт}}| < 2\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(\frac{n-1}{n})}$ , то результати вважаються компетентний.

Якщо не виконується нерівність  $|\bar{y} - y_{\text{эт}}| < 2\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(\frac{n-1}{n})}$ , то результати вважаються компетентний.

Загальний алгоритм оцінка технічної компетентності в одній лабораторії представлений на рисунку 3.6.

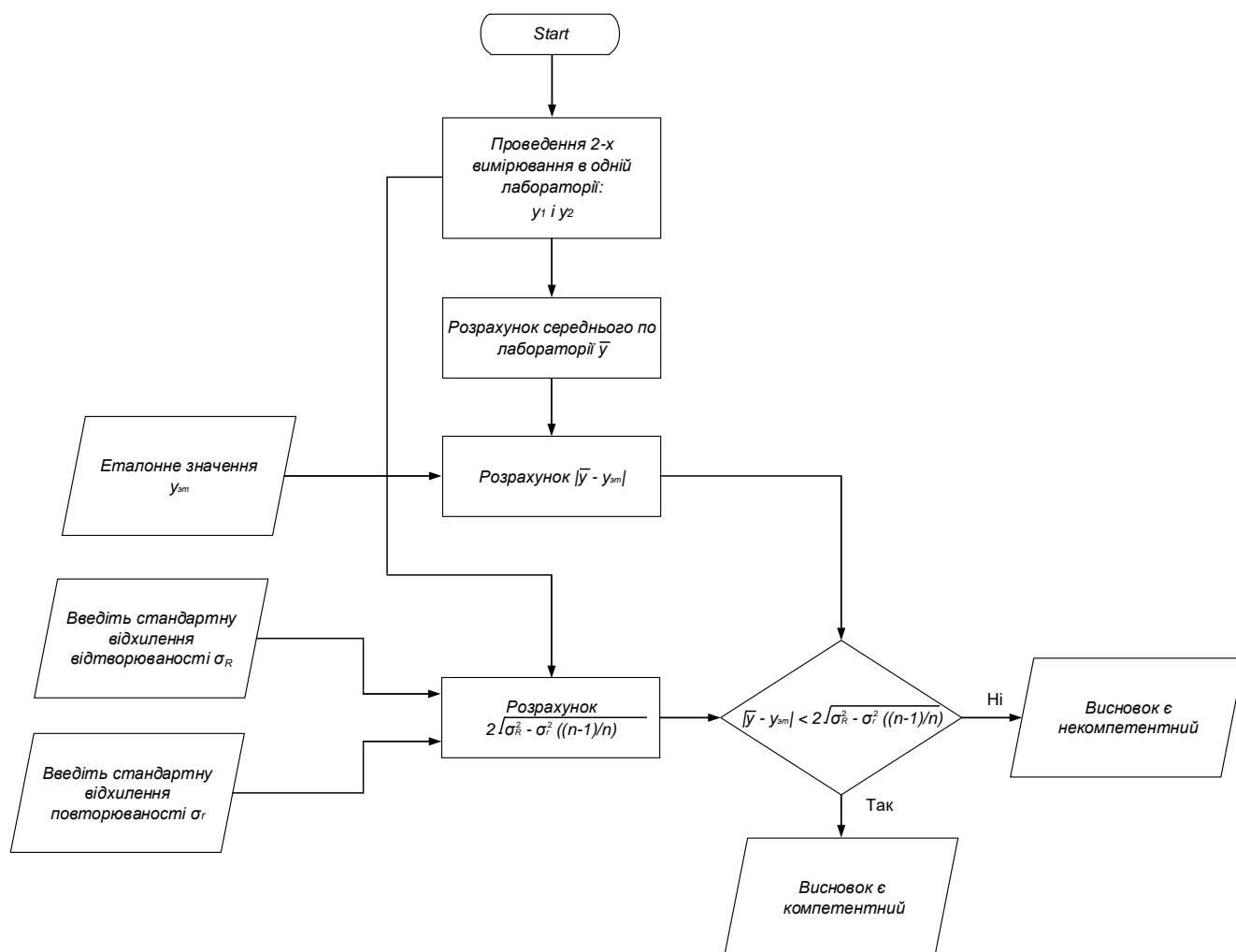


Рисунок 3.6 – Загальний алгоритм оцінка технічної компетентності в одній лабораторії

## 2. Метод вимірювань, для якого немає стандартних зразків

Коли не маються стандартні зразки, оцінка може проводитися в двох лабораторії.

А даний алгоритм починає отримати один вимірювань в кожній лабораторії “ $y_1$  і  $y_2$ ”. Далі знаходимо серії результатів по кожному лабораторію “ $y_{n1}$  і  $y_{n2}$ ” і розраховує середні “ $\overline{y_{n1}}$  і  $\overline{y_{n2}}$ ”.

Порівнюються середні арифметичні результатів випробувань  $|\overline{y_{n1}} - \overline{y_{n2}}|$ , на  $2\sqrt{2} \sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2 \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2}\right)}$ .

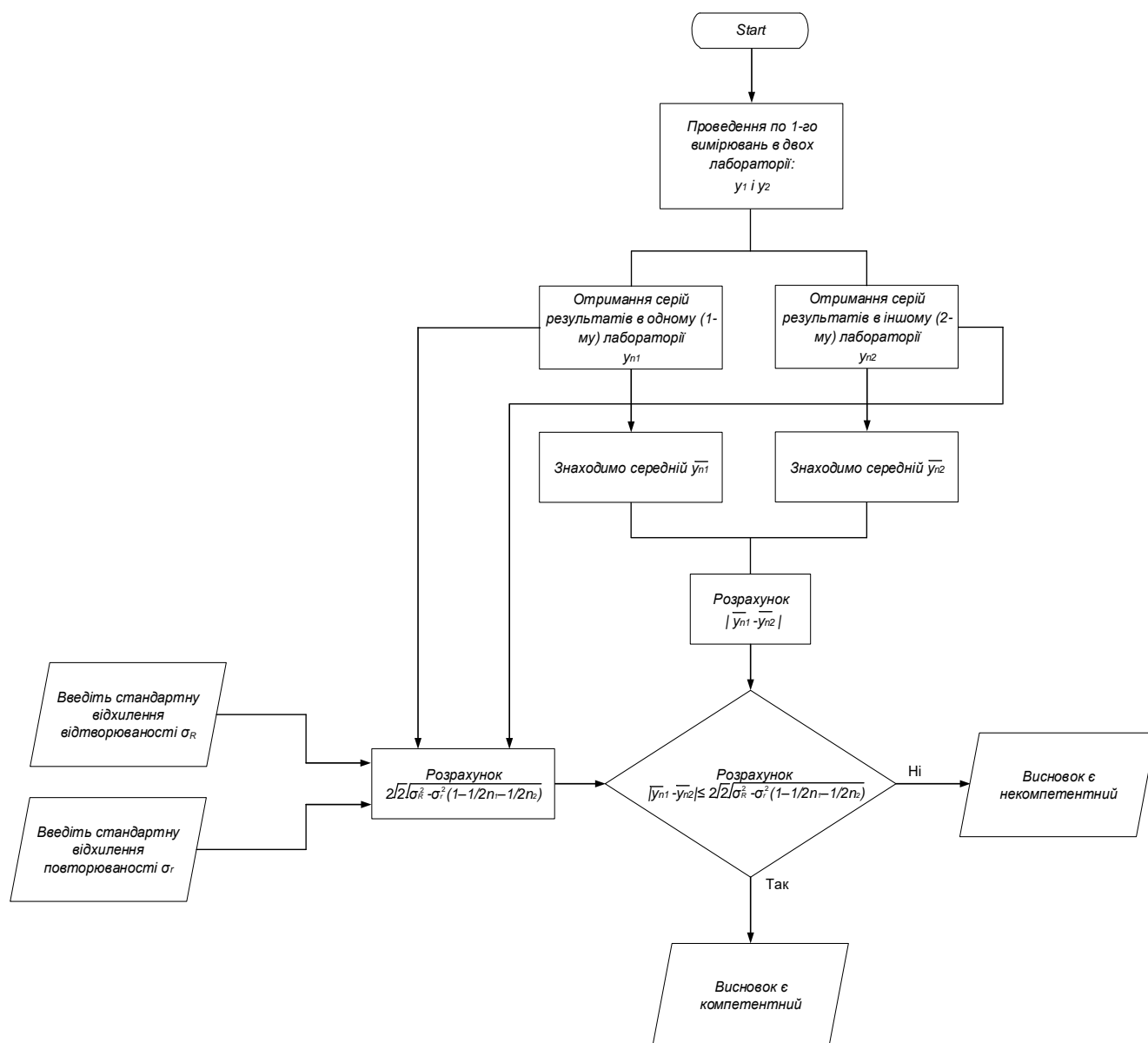


Рисунок 3.7 – Загальний алгоритм оцінка технічної компетентності в двох лабораторії

Використовує стандартного відхилення відтворюваності  $\sigma_R$ , стандартного відхилення повторюваності  $\sigma_r$  і кількість лабораторій  $n$ , розраховує  $2\sqrt{2}\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2})}$ .

Далі порівнюємо  $|\bar{y} - y_{\text{эт}}|$  і  $2\sqrt{2}\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2})}$ . Якщо виконується нерівність  $|\bar{y} - y_{\text{эт}}| \leq 2\sqrt{2}\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2(\frac{n-1}{n})}$ , то результати вважаються компетентний.

Якщо не виконується нерівність, то результати вважаються компетентний.

### Висновки по розділу 3

В цьому розділі розроблено алгоритмічного забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і їх використання в практичній діяльності лабораторій.

Воно складається з двох частин “Алгоритмічне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань” і “Алгоритмічне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій”.

Алгоритмічне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань передбачає наявність двох алгоритмів:

- Загальний алгоритм отримання характеристик “правильність”
- Загальний алгоритм отримання характеристик “прецизійність”.

Алгоритмічне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій розглядає:

- Алгоритмічне забезпечення перевірки прийнятності результатів випробувань
- Алгоритмічне забезпечення внутрішньолабораторний контроль точності результатів випробувань
- Алгоритмічне забезпечення оцінка технічної компетентності лабораторії.



## **Розділ 4. Розробка інформаційно вимірювального забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і їх використання в практичній діяльності лабораторій**

Інформаційно вимірювальне забезпечення передбачає наявність двох етапів:

- Інформаційно вимірювальне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань
- Інформаційно вимірювальне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій

### **4.1 Інформаційно вимірювальне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань**

#### **Правильність методик і результатів вимірювань**

Для визначення показників правильності використовують наступну модель, отриману з основної моделі:

$$y = m + B + e = \delta + B + e = \mu + \Delta + e \quad (1.7)$$

де  $\mu$  – прийняте еталонне значення;

$\delta$  – зміщення методу;

$\Delta = \delta + B$  – лабораторне зміщення.

У кожній з  $k$  лабораторій проводиться по  $n$  вимірювань. Результати вимірювань доцільно приводити в таблиці.

Вихідними даними випробувань є:

$k$ - кількість лабораторій.

$n$  - кількість вимірювань.

$y_{ij}$ -  $j$ -й результат вимірювання, отриманий в  $i$  - й лабораторії ( $i=1,2,\dots,n$ ;  
 $j=1,2,\dots,k$  ).

Отримані статистичні представляють у вигляді таблиці 4.1.

## Форма представлення вихідних даних

Номер результату вимірювань	Номер лабораторії					
	$L_1$	$L_2$	...	$L_i$	...	$L_k$
1	$y_{11}$	$y_{21}$		$y_{i1}$		$y_{k1}$
2	$y_{12}$	$y_{22}$		$y_{i2}$		$y_{k2}$
...						
$j$	$y_{1j}$	$y_{2j}$		$y_{ij}$		$y_{kj}$
...						
$n$	$y_{1n}$	$y_{2n}$		$y_{in}$		$y_{kn}$

1. Розраховують середнє арифметичне результатів вимірювань, отриманих в кожній лабораторії по формулі (1.9):

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1.9)$$

2. Розраховують лабораторне зміщення по формулі (1.8):

$$\Delta_i = m_i - \mu \quad (1.8)$$

Де  $m_i$  – середнє арифметичне результатів вимірювань;

$\mu$  – прийняте еталонне значення;

3. Розраховують середнє арифметичне значення за результатами вимірювань, отриманих у всіх лабораторіях:

$$m = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k m_j \quad (4.1)$$

Приклад,  $m = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_j + \dots + m_k}{k}$ .

4. Оцінка зміщення методу  $\delta$  розраховується за формулою (1.10):

$$\delta = m - \mu \tag{1.10}$$

5. Розраховують лабораторну складову зміщення за формулою (1.11):

$$B_i = \Delta_i - \delta \ ; \ i = 1, 2, \dots, n \quad (1.11)$$

Приклад,  $B_1 = \Delta_1 - \delta$

$$A50 \quad B_j = \Delta_j - \delta = (m_j - y_{em}) - (m - y_{em}) = m_j - m$$

Результати обробки даних можна представити в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

	Номер лабораторії					
	$L_1$	$L_2$	...	$L_i$	...	$L_k$
Середнє арифметичне результатів по лабораторіями	$m_1$	$m_2$	...	$m_i$	...	$m_k$
Середнє арифметичне всіх результатів	$m$					
Лабораторне зміщення	$\Delta_1$	$\Delta_2$	...	$\Delta_i$	...	$\Delta_k$
Зміщення методу	$\delta$					
Лабораторна складова зміщення	$B_1$	$B_2$	...	$B_i$	...	$B_k$

### Прецизійності методик і результатів вимірювань

Оцінки показників повторюваності і відтворюваності отримують, використовуючи основну модель, що описується формулою 1.1.

$y$  - являє собою суму трьох складових

$$y = m + B + e \quad (1.1)$$

Отримані статистичні представляють у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

### Форма подання вихідних даних

Лабораторія	Рівень						
1	1	2	...	$j$	...	$q-1$	$Q$
2							
...				...			
...				...			
$i$				$y_{ijk}$			
...				...			
...							
P							

Вихідними даними випробувань є:

						Лист
						45
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$n_{ij}$  – кількість результатів вимірювань в базовому елементі (осередку) для  $i$ -ої лабораторії  $j$ -того рівня;

$p_j$  – кількість лабораторій для рівня  $j$  ( $k=1, 2, \dots, n_{ij}$ );

$y_{ijk}$  –  $k$  результат вимірювань в  $i$ -тій лабораторії для рівня  $j$ .

Під «осередком» розуміють результати випробувань на одному рівні, отримані в одній лабораторії.

1. Розраховують середнє арифметичне значення рівня в різних лабораторіях і середнє значення в осередку відповідно, які обчислюють за формулами 1.15–1.16:

$$\overline{y_j} = \frac{\sum_{i=1}^p \overline{y_{ij}}}{p} \quad (1.15)$$

$$\overline{y_{ij}} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \quad (1.16)$$

2. Стандартное отклонение  $S_j$  обчислюється за формулою (1.17):

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\overline{y_{ij}} - \overline{y_j})^2} \quad (1.17)$$

3. Розраховують внутрішнє стандартне відхилення  $S_{ij}$  за формулою (1.18):

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{1}{n_{ij}-1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (y_{ijk} - \overline{y_{ij}})^2} \quad (1.18)$$

4. Розраховують для кожного рівня  $j$  обчислюють дисперсію повторюваності  $S_{rj}^2$  та міжлабораторних дисперсію  $S_{Lj}^2$ .

$$S_{rj}^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_{ij}-1) S_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p (n_{ij}-1)} \quad (1.19)$$

5. Розраховують міжлабораторних дисперсію по формулах 1.20–1.22:

$$S_{Lj}^2 = \frac{S_{dj}^2 - S_{rj}^2}{n_j} \quad (1.20)$$

$$S_{dj}^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_{ij} (\overline{y_{ij}} - \overline{y_j})^2 \quad (1.21)$$

$$\overline{n_j} = \frac{1}{p-1} \left[ \sum_{i=1}^p n_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^p n_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p n_{ij}} \right] \quad (1.22)$$

6. Розраховують дисперсію відтворюваності  $S_{Rj}^2$  за формулою 1.23:

$$S_{Rj}^2 = S_{rj}^2 + S_{Lj}^2 \quad (1.23)$$

Результати обробки даних можна представити в таблиці 4.4 – 4.5.

Таблиця 4.4

Лабораторія	Рівень										
	1			2			...	j	...	q-1	Q
1	$\overline{y_{1j}}$	$S_j$	$S_{ij}$	$\overline{y_{1j}}$	$S_j$	$S_{ij}$					
2											
...								...			
...								...			
i								$y_{ijk}$			
...								...			
...											
P											

Таблиця 4.5

Рівень j	pj	$S_{rj}^2$	$S_{Lj}^2$	$S_{Rj}^2$
1				
...				
k				

## 4.2 Інформаційно вимірювальне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій

### Методи перевірки прийнятності та результатів вимірювань

**А.** Два результату вимірювань, отриманих в одній лабораторії повинні бути отримані в умовах повторюваності.

1. Розраховують різниця двох вимірюванні за формулою (4.2):

$$| y_1 - y_2 | \quad (4.2)$$

2. Порівнює отриману різницю з межею повторюваності  $r$  за формулою (4.3):

$$|y_1 - y_2| \leq r \quad (4.3)$$

де  $r$  – межа повторюваності, розрахований за формулою (2.1):

$$r = 2,8\sigma_r \quad (2.1)$$

3. Якщо виконується умова  $|y_1 - y_2| \leq r$ , то результати вважаються прийнятними.

За остаточний результат беруть їх середнє арифметичне значення тобто за формулою (4.4):

$$y = \frac{(y_1 + y_2)}{2} \quad (4.4)$$

4. Якщо умова не виконується, то отримують ще два результату і аналізують вибірку з чотирьох результатів.

Ранжируємо всі чотири результати по зростанню, знаходимо  $y_{\max}$  і  $y_{\min}$ .

5. Розраховують різниця  $y_{\max}$  і  $y_{\min}$  за формулою (4.5):

$$|y_{\max} - y_{\min}| \quad (4.5)$$

6. Порівнюємо різницю з межею повторюваності  $r$  за формулою (4.6):

$$|y_{\max} - y_{\min}| \leq r \quad (4.6)$$

7. Якщо виконується нерівність  $|y_{\max} - y_{\min}| \leq r$ , то результати вважаються прийнятними.

Результату беруть середнє значення з чотирьох повітряних результатів тобто за формулою (4.7):

$$y = \frac{(y_1 + y_2 + y_3 + y_4)}{4} \quad (4.7)$$

8. Якщо ця нерівність не виконується, то результати вважаються неприйнятними.

Як результат вимірювання беруть медіану - середнє арифметичне з двох центральних значень рангового ряду. Розраховують за формулою (4.8):

$$y = \frac{(y_2 + y_3)}{2} \quad (4.8)$$

**Б.** Якщо в кожній лабораторії виконується по одному результату вимірювання, то перевіряють виконання нерівності  $|y_1 - y_2| \leq R$ .

1. Розраховують різниця двох вимірі за формулою (4.2):

$$|y_1 - y_2| \quad (4.2)$$

2. Порівнюють отриману різницю з межею відтворюваності  $R$  за формулою (4.9):

$$|y_1 - y_2| \leq R \quad (4.9)$$

де  $R$  – межа відтворюваності розрахований за формулою (2.2):

$$R = 2,8\sigma_R \quad (2.2)$$

3. Якщо нерівність виконується, то результати вважаються прийнятними.

Тоді як остаточного результату буде їх середнє значення тобто:

$$y = \frac{(y_1 + y_2)}{2} \quad (4.4)$$

Якщо в лабораторіях проводилося більше одного результату вимірювання:

5. Розраховують середнє арифметичне  $\bar{y}_1$  і  $\bar{y}_2$  за формулою (4.10):

$$\bar{y}_1 = \frac{(y_1 + y_2)}{2} \quad (4.10)$$

$$\bar{y}_2 = \frac{(y_3 + y_4)}{2}$$

6. Розраховують різниця середні арифметичні  $\bar{y}_1$  і  $\bar{y}_2$  за формулою (4.11):

$$|\bar{y}_{n1} - \bar{y}_{n2}| \quad (4.11)$$

7. Порівнюють середні арифметичні  $\bar{y}_1, \bar{y}_2$ , отримані в цих лабораторіях за такою формулою (2.3):

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq \sqrt{R^2 - r^2 \left( 1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2} \right)} \quad (2.3)$$

8. Якщо виконується нерівність, то результати вважаються прийнятними. І в якості кінцевого заявленого результату можна взяти загальну середню за наступною формулою (4.7):

$$y = \frac{(y_1 + y_2 + y_3 + y_4)}{4} \quad (4.7)$$

**Висновки по розділу 4.**

Разработано информационно измерительное обеспечение системы  
обработки результатов межлабораторных исследований на основано 3-ом разделе.



## Раздел 5. Аprobация получения результатов

В цьому розділі проводимо перевірку прийнятності запропонованих рішення на прикладі аналізу складі концентрації білка в молоці. Далі ми беремо дані з сайту "<https://www.researchgate.net>", які відповідають на стандарті.

Аprobация отримання результат передбачає наявність двох етапів:

- Аprobация отримання результат порівняльних випробувань
- Аprobация отримання результат порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій.

### 5.1 Аprobация отримання результат порівняльних випробувань

Дані представляють у вигляді таблиці 5.1.

Таблица 5.1

Форма подання вихідних даних

Номер результату вимірювань (г білка / 100 г молока)	Номер лаборатории						$L_7$
	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	
1	3.48	3.63	3.59	3.8	3.61	3.4	3
2	3.54	3.59	3.59	3.78	3.59	3.42	3.04
3	3.55	3.62	3.56	3.81	3.6	3.44	3.01
$\mu$	3.24	3.34	3.37	3.39	3.24	3.22	3.03

### Правильність методик і результатів вимірювань

1. Розраховують середнє арифметичне результатів вимірювань, отриманих в кожній лабораторії по формулі (1.9):

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1.9)$$

$$m_1 = \frac{3.48 + 3.54 + 3.55}{3} = 3.52$$

$$m_2 = \frac{3.63 + 3.59 + 3.62}{3} = 3.61$$

$$m_3 = \frac{3.59 + 3.59 + 3.56}{3} = 3.58$$

$$m_4 = \frac{3.8 + 3.78 + 3.81}{3} = 3.8$$

$$m_5 = \frac{3.61 + 3.59 + 3.6}{3} = 3.6$$

$$m_6 = \frac{3.4 + 3.42 + 3.44}{3} = 3.42$$

$$m_7 = \frac{3 + 3.04 + 3.01}{3} = 3.02$$

2. Розраховують лабораторне зміщення по формулі (1.8):

$$\Delta_i = m_i - \mu \quad (1.8)$$

$$\Delta_1 = 3.52 - 3.24 = 0.28$$

$$\Delta_2 = 3.61 - 3.34 = 0.27$$

$$\Delta_3 = 3.58 - 3.37 = 0.21$$

$$\Delta_4 = 3.8 - 3.39 = 0.41$$

$$\Delta_5 = 3.6 - 3.24 = 0.36$$

$$\Delta_6 = 3.42 - 3.22 = 0.2$$

$$\Delta_7 = 3.02 - 3.03 = -0.01$$

Де  $m_i$  – середнє арифметичне результатів вимірювань;

$\mu$  – прийняте еталонне значення;

3. Розраховують середнє арифметичне значення за результатами вимірювань, отриманих у всіх лабораторіях:

$$m = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k m_j \quad (4.1)$$

$$m = \frac{3.52 + 3.61 + 3.58 + 3.8 + 3.6 + 3.42 + 3.02}{7} = 3.51 \quad (4.1)$$

4. Розраховують прийняте еталонне значення у всіх лабораторіях:

$$\mu = \frac{3.24 + 3.34 + 3.37 + 3.39 + 3.24 + 3.22 + 3.03}{7} = 3.26$$

5. Оцінка зміщення методу  $\delta$  розраховується за формулою (1.10):

$$\delta = m - \mu \quad (1.10)$$

$$\delta = 3.51 - 3.26 = 0.25$$

6. Розраховують лабораторну складову зміщення за формулою (1.11):

$$B_i = \Delta_i - \delta ; i = 1, 2, \dots, n \quad (1.11)$$

$$B_1 = 0.28 - 0.25 = 0.03$$

$$B_2 = 0.27 - 0.25 = 0.02$$

$$B_3 = 0.21 - 0.25 = -0.04$$

$$B_4 = 0.41 - 0.25 = 0.16$$

$$B_5 = 0.36 - 0.25 = 0.11$$

$$B_6 = 0.2 - 0.25 = -0.05$$

$$B_7 = -0.01 - 0.25 = -0.26$$

Результати обробки даних можна представити в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Номер результату вимірювань	Номер лабораторії						$L_7$
	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	
Середнє арифметичне результатів по лабораторіями	3.52	3.61	3.58	3.8	3.6	3.42	3.02
Середнє арифметичне всіх результатів	3.51						
Лабораторне зміщення	0.28	0.27	0.21	0.41	0.36	0.2	-0.01
Зміщення методу	0.25						
Лабораторна складова зміщення	0.03	0.02	-0.04	0.16	0.11	-0.05	-0.26

### Прецизійності методик і результатів вимірювань

Використовуємо дані з таблиці 5.1.

1. Розраховують середнього значення  $\overline{y}_{ij}$  по лабораторії:

$$\overline{y}_j = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk} \quad (1.16)$$

$$\overline{y}_1 = \frac{3.48 + 3.54 + 3.55}{3} = 3.52$$

$$\overline{y}_2 = \frac{3.63 + 3.59 + 3.62}{3} = 3.61$$

$$\bar{y}_3 = \frac{3.59+3.59+3.56}{3} = 3.58$$

$$\bar{y}_4 = \frac{3.8+3.78+3.81}{3} = 3.8$$

$$\bar{y}_5 = \frac{3.61+3.59+3.6}{3} = 3.6$$

$$\bar{y}_6 = \frac{3.4+3.42+3.44}{3} = 3.42$$

$$\bar{y}_7 = \frac{3+3.04+3.01}{3} = 3.02$$

2. Розрахунок стандартне відхилення по лабораторії  $S_j$  обчислюється за формулою (1.17):

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2} \quad (1.17)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{((3.48-3.52)+(3.54-3.52)+(3.55-3.52))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0.01}{2}} = 0.07$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{((3.63-3.61)+(3.59-3.61)+(3.62-3.61))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0.01}{2}} = 0.07$$

$$S_3 = \sqrt{\frac{((3.59-3.58)+(3.59-3.58)+(3.56-3.58))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0.01}{2}} = 0.07$$

$$S_4 = \sqrt{\frac{((3.8-3.8)+(3.78-3.52)+(3.81-3.52))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0.01}{2}} = 0.07$$

$$S_5 = \sqrt{\frac{((3.61-3.6)+(3.59-3.6)+(3.6-3.6))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0}{2}} = 0$$

$$S_6 = \sqrt{\frac{((3.4-3.42)+(3.42-3.42)+(3.44-3.42))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0}{2}} = 0$$

$$S_7 = \sqrt{\frac{((3-3.02)+(3.04-3.02)+(3.01-3.02))}{3-1}} = \sqrt{\frac{0.01}{2}} = 0.07$$

3. Розраховують загальної середньої арифметичне значення  $\bar{\bar{y}}_j$  за формулою (1.15):

$$\bar{\bar{y}}_j = \frac{\sum_{i=1}^p \bar{y}_{ij}}{k} \quad (1.15)$$

$$\bar{\bar{y}}_j = \frac{3.52+3.61+3.58+3.8+3.6+3.42+3.02}{7} = 3.51$$

4. Розраховують стандартного відхилення за всіма лабораторії  $S$  за формулою (5.1):

$$S = \sum_{i=1}^p S_j \quad (5.1)$$

$$S = 0.35$$

5. Розраховують стандартного відхилення повторюваності  $\sigma_r$  за формулою (1.18):

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_i^2}{n}} \quad (1.18)$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{0.07^2 + 0.07^2 + 0.07^2 + 0.07^2 + 0 + 0 + 0.07^2}{7}} = 0.06$$

6. Розраховують міжлабораторних дисперсію по формулах 1.20 и 5.2:

$$\sigma_L = \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n-1} \quad (1.20)$$

$$\sigma_L = \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n-1} = 0.02$$

Де  $B_i$  – лабораторна складова зміщення,

$\bar{B}$  – середнє значення по лабораторну складову зміщення.

$$\bar{B} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n} \quad (5.2)$$

$$\bar{B} = \frac{0.03 + 0.02 - 0.04 + 0.16 + 0.11 - 0.05 - 0.26}{7} = -0.004$$

7. Розраховують стандартного відхилення відтворюваності  $\sigma_R$  :

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_L} \quad (1.23)$$

$$\sigma_R = \sqrt{0.06^2 + 0.02} = 0.153 \approx 0.15$$

Результаты Результаты обработки данных можна представить в таблиці 5.3.

Таблица 5.3

Номер результату вимірювань	Номер лабораторії						
	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$
Середнє по лабораторіями $\bar{y}_{ij}$	3.52	3.61	3.58	3.8	3.6	3.42	3.02

Номер результату вимірювань	Номер лабораторії						
	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$
Стандартне відхилення по лабораторії $S_j$	0.07						
Загальна середнє арифметичне значення $\bar{\bar{y}}_j$	3.51						
Стандартного відхилення за всіма лабораторії S	0.35						
Стандартного відхилення повторюваності $\sigma_r$	0.06						
Міжлабораторних дисперсію $\sigma_L$	0.02						
Стандартного відхилення відтворюваності $\sigma_R$	0.25						

## 5.2 Апробація отримання результат порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій

## Методи перевірки прийнятності та результатів вимірювань

А. Два результату вимірювань, отриманих в одній лабораторії повинні бути отримані в умовах повторюваності.

Використовуємо дані з таблиці 5.1.

1. Розраховують різниця двох вимірюванні за формулою (4.2):

$$|y_1 - y_2| \tag{4.2}$$

$$y_1 - y_2 \models |3.48 - 3.54| = 0.06$$

2. Порівнює отриману різницю з межею повторюваності  $r$  за формулою (4.3):

$$|y_1 - y_2| \leq r \quad (4.3)$$

$$0.06 \leq 0.16$$

де  $r$  – межа повторюваності, розрахований за формулою (2.1):

$$r = 2,8\sigma_r \quad (2.1)$$

$$r = 2.8 \cdot 0.06 = 0.16$$



## Висновки по розділу 5.

Запропоноване в розділі 3 алгоритмічне і в розділі 4 інформаційно-вимірювальне забезпечення апробовано на основі обробки результатів зміни концентрації білка в молоці. Реальні дані були взяті з сайту <https://www.researchgate.net>. Для апробації використані результати, отримані в 7 лабораторіях.

При цьому були проведені:

- Розрахунок показників правильності і прецизійності;
- Перевірка узгодженості результатів.

Для характеристики правильності змін розраховані зміщення методу, лабораторне зміщення і лабораторна складова зміщення.

Для характеристик прецизійного вимірювань розраховані стандартне відхилення повторюваності і відтворюваності.

Ці характеристики були використані для оцінювання прийнятності результатів в одній лабораторії і для перевірки узгодженості результатів, отриманих в двох різних лабораторіях.



## **Розділ 6. Розробка стартапів проекту «Інформаційно-вимірювальна і алгоритмічне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень»**

## 6.1 Опис ідеї проекту

Проект присвячений розробці створення інформаційно-вимірювального та алгоритмічного забезпечення обробки даних міжлабораторних порівняльних досліджень і їх використання.

## Інформаційна карта проекту [6]

Інформаційна карта проекту представлено на таблиці 6.1.

Таблице 6.1 - Інформаційна карта

<b>1. Назва проекту</b>	Інформаційно-вимірювальна і алгоритмічне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень(ІВМПД).
<b>2. Автори проекту</b>	Батбаяр Аріунтуя, студент групи ПВ-91 МП, ПБФ, НТУУ “КПІ ім. І. І. Сікорського”.
<b>3. Коротка анотація</b>	Проект присвячений розробці створення інформаційно-вимірювального та алгоритмічного забезпечення обробки даних міжлабораторних порівняльних досліджень і їх використання. Дана розробка призначена для вирішення завдання перевірки прийнятності результатів вимірювань, отриманих лабораторією.
<b>4. Термін реалізації проекту</b>	8 місяців.
<b>5. Необхідні ресурси</b>	Джерела інформації (книги, методичні вказівки, технічні документації, Internet) Робоче місце, ПК з необхідним ПО Кошти для підтримки розумової діяльності розробника
<b>6. Опис проблеми, яку вирішує проект</b>	За допомогою цього інструменту можна аналізувати точності і їх використання для перевірки прийнятності результатів вимірювань, проведених в лабораторії.
<b>7. Головні цілі та завдання проекту</b>	Моделювання інформаційно-вимірювальна і алгоритмічне забезпечення для вирішення завдання перевірки прийнятності результатів вимірювань, отриманих лабораторією.
<b>8. Очікувані результати</b>	Даний проект можна використовувати для перевірки прийнятності результатів вимірювань, проведених в лабораторії. Інформаційно-вимірювальна і алгоритмічне забезпечення оцінити всі необхідні показники і розрахунками потрібних показників точності відповідно до статистичної моделлю, але і організаційних, технічних та методичних моментів.

## Морфологічна карта [6]

Визначення основних функцій:

- період опрацювання даних;
- мова розробки програмного забезпечення;
- платформа;
- кількість одночасно оброблюваних даних;
- виведення результатів обробки;
- підтримка програми після продажу.

Морфологічна карта представлено на таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Морфологічна карта

Основні параметри	Проміжні рішення			
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше
Період передачі дані	В реальному часі	Із затримкою	Збереження результатів (з подальшою можливістю їх використання)	інші
Мова розробки програмного забезпечення	LabVIEW	Delphi	Java	інші
Платформа	Мобільні платформа	Персональні комп'ютери	Web-платформи	Кросплатформер на програма
Модель дефектності матеріалу виробу	Залізо	Композитні матеріали	Пластмаси	інші
Спосіб передачі сигналу	Генерація файлу	Передача безпосередньо на прилад що налагоджується	Відправлення на сервер	інші
Підтримка програми після продажу	Не підтримується	1 рік	5 років	інші



Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 6.4):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 6.4 - Технологическая осуществимость идеи проекта

№ n/n	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Використання експертних систем	Експертні системи допоможуть підвищити параметр невизначеності при аналізуванні сигналів.	Наявні	Доступні
2	Кросплатформенна програма	Програму можна використовувати на різних платформах (ПК, смартфони, веб додатки).	Наявні	Доступні
3	Використання штучного інтелекту	Штучний інтелект допоможе автоматизувати та підвищити точність синтезованих сигналів.	Наявні	Доступні
4	Використання баз даних.	База даних буде зберігати вже раніше синтезовані сигнали, що підвищить швидкодію програми.	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Ідея 2 и ідея 4.				

Ідея 2. багатоплатформовий програма:

- програма може працювати на різних пристроях, ресурсозатратної;
- використання при перевірці пристроїв прийняття рішень про дефектність матеріалу;
- інспекційні установи.



5-й MVP: *Міжлабораторні дослідження*. Вже протягом багатьох десятиліть лабораторне співтовариство використовує міжлабораторні дослідження в якості зовнішнього контролю якості. Проведення міжлабораторних досліджень може виявитися важким через їх вартості і труднощів, пов'язаних з обробкою даних. Тому вирішує за допомогою статистичного програмного забезпечення.

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл.6.5).

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	500 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до ГОСТУ
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	100%

За результатами аналізу таблиці, можна бачити динаміка ринку (якісна оцінка) яка є зростає.

## Потенційні групи клієнтів та їх характеристики

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл.6.6).

Таблиця 6.6 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Потреба в здешевленні налагодження апаратури для оцінювання точності перевірки прийнятності результатів вимірювань	Підприємства; Інспекційні установи; Дослідницькі інститути	Фінансові можливості.	Висока якість, індивідуальний підхід, оптимальне співвідношення ціни та якості.

Для того щоб представляти наш проект на підприємства, інспекційні установи і дослідні інститути, нам необхідно поліпшити якості.

## Аналіз ринкового середовища

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 6.7-6.8). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 6.7 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
	Висока конкурентність	Зменшення продажу	Більша рекламна акція
	Криза	Зменшення продажу	Зменшення ціни товару

Таблиця 6.8 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Впровадження нових технологій	Якісне покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту; Підвищення ціни

Продовження табл. 6.8.

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
2	Високий попит на продукт	Збільшення виробництва товару та товарообігу	Покаращення товару
3	Потреба в доступності	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій

## Аналіз пропозиції

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 9).

Таблиця 6.9 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Окремі покупці і продавці не можуть впливати на ціну.	Фокусування діяльності підприємства на якість товару.
2. Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Варіація об'ємів виробництва, співпраця з науковими лабораторіями.
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
4. Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості продукції та умов її продажу.	Зміни у виробництві; додаткові витрати, підвищення рівня довіри клієнтів.
5. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження цін на товар; концентрація діяльності на якісній зміні продукту. Створення власної торгової марки

## Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером [8]

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера, додаток А) (табл. 6.10).



Таблиця 6.10 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	jmp, Anova	Високий бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість	Невелика собівартість; Велика точність	Є фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Середнє	Є можливості входу на ринок, є потенційні конкуренти;	Збільшення співвідношення ціни та якості	Збільшення співвідношення ціни та якості	Відсутнє

### Обґрунтування факторів конкурентоспроможності [6]

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (табл. 6.10), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 6.4), вимог споживачів до товару (табл. 6.6) та факторів маркетингового середовища (табл. 6.7-6.8) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 6.11.

Таблиця 6.11 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Багатофункціональність	Виконує функції аналізу та синтезу одночасно
2	Дешевизна	Доступність для будь якого клієнта

### Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін назва проекту [6]

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 6.11) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 6.12).

Таблиця 6.12 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін назва проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Testo						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
2	Багатофункціональність	15					1	1	
3	Дешевизна	20					1	1	1

### SWOT- аналіз стартап-проекту [8]

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 6.13) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 6.12).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 6.13 - SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Швидкодія, має широкий функціональність	Слабкі сторони: початкове впровадження у застарілі системи
Можливості: розширення функцій, покращення роботи	Загрози: наявність іноземних та поява внутрішньодержавних конкурентів

## Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту [8]

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див.табл.6.10, аналіз потенційних конкурентів).

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 6.14).

Таблиця 6.14 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Зростання	Досить велика	8 місяців

#### 6.4 Разработка рыночной стратегии и маркетинговой программы проекта

У даного підрозділу розглядається:

- Розроблення ринкової стратегії проекту
- Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

##### Розроблення ринкової стратегії проекту [7]

1. Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.15).

Таблиця 6.15 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Підприємства	Готові	Зростає	Наявні	Легко
2	Інспекційні установи	Частично готові(50%)	Середній попит	Наявні	Можливість входу 65%
3	Дослідницькі інститути	Готові	Спадає	Наявні	Легко

2. Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл. 6.16).

Таблиця 6.16 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підприємства	Представлення багатофункціональності і програми на ринку	багатофункціональність, співвідношення, зменшення витрат	Стратегія спеціалізації

3. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 6.17).

Таблиця 6.17 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Частково продукція є першопрохідцем на ринку	Буде шукати нових, а також забирати існуючих у конкурентів	Буде, з удосконаленням	Стратегія заняття конкурентної ніші

4. На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 6.6), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 6.16) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 6.17) розробляється стратегія позиціонування (табл. 6.18), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 6.18 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспромож ні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувані комплексну позицію власного проекту (три ключових)
2	Багатофункці ональність	позиціонуванн я за двома ознаками	Виконує функції аналізу та синтезу одночасно	Аналізує та синтезує
3	Дешевизна	на низькій ціні	Вартість 1 000 грн	Використовуйте кошти раціонально

## Розроблення маркетингової програми стартап-проекту [6]

У даного підрозділу розглядається:

- Визначення ключових переваг концепції потенційного товару
- Опис трьох рівнів моделі товару
- Визначення меж встановлення ціни
- Формування системи збуту
- Концепція маркетингових комунікацій

## 1. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Першим кроком є формування *маркетингової концепції товару*, який отримає споживач. Для цього у табл.6.19 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 6.19 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
2	Виконання декількох функцій	Багатофункціональність	Виконує функції аналізу та синтезу одночасно
3	Низька ціна	Дешевизна	Вартість 9 000 грн

## 2. Опис трьох рівнів моделі товару

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 6.20).

Таблиця 6.20 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Споживач отримує готовий продукт. Його можна експлуатувати без подальшої обробки		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	Одиниці	Значення
	1. Багатофункціональність	кількість	функції аналізу та синтезу
	2. Місце що займає на накопичувачі	мб	>300
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо		
	Пакування: ключ продукту в пластиковій коробці		
	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» Інформаційно-вимірювальна і алгоритмічне забезпечення міжлабораторних порівняльних досліджень.		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: підтримка програмного продукту до 5 років		
	Після продажу: знижка на наступні придбання; при підписанні договору повне обслуговування та оновлення продукту, додаткові консультації по експлуатації.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патентування технології, новітні технології шифрування та захисту даних			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити чим саме проект буде захищено від копіювання.

Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

### 3. Визначення меж встановлення ціни

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 6.21). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 6.21 - Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	від 14 300	від 20 00	від 100 000€ до «необмежений»(різні підприємства, лабораторії тощо)	1000-1500 (оскільки надається є додаткові послуги в налаштування та консультаціях експлуатування)

### 4. Формування системи збуту

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл.6. 22):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;

Таблиця 6.22 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Обережність до альтернативних технологій	1.Встановлення контакту; 2.Інформування;	2: 1.Ми(розробник програми);	1.Знижки; 2.Реклама; 3.Договір на

Продовження табл. 6.22.

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Обережність до альтернативних технологій	3.Транспортування; 4.Продаж окремих частин; 5.Надання додаткових послуг (якщо був підписаний договір)	2.Розповсюджувач нашої продукції	дострокове користування нашими технологіями

## 5. Концепція маркетингових комунікацій

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 6.23).

Таблиця 6.23 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Підприємці, дослідницькі інститути, інспекційні установи	1. Електронна пошта. 2. Публікації. 3.Формальні або неформальні канали комунікацій.	1. Дешивизна; 2. Багатофункціональність.	Інформування споживачів; Розвиток попиту; Стимул продажу Пошук вигідних партнерів.	Контент-маркетинг; Публікації

## 6.5 Організація реалізації стартап-проекту

У даного поділу розглядається:

- Склад команди
- Виробничний план

## Склад команди [6]

### 1 Члени стартап команди

Таблиця 6.24 - Члени стартап команди

Спеціальність	Роль
Інженер-технолог	Генератор ідей, експерт з технологій
ІТ-спеціаліст	Проектувальник
Менеджер	Відповідальний за бізнес-складову

### 2 Завдання членів команди

Таблиця 6.25 - Завдання членів команди

Спеціальність	Завдання
Інженер-технолог	1. Дослідження проблеми відновлення сингала 2. Надання технічного завдання 3. Контроль якості
ІТ-спеціаліст	4. Розробка алгоритму роботи програми 5. Створення демо-версії програми 6. Тестування
Менеджер	7. Створення бізнес плану 8. Пошук інвесторів 9. Просування товару 10. Організація програми

### 3 Схема залучення кожного члену стартап команди

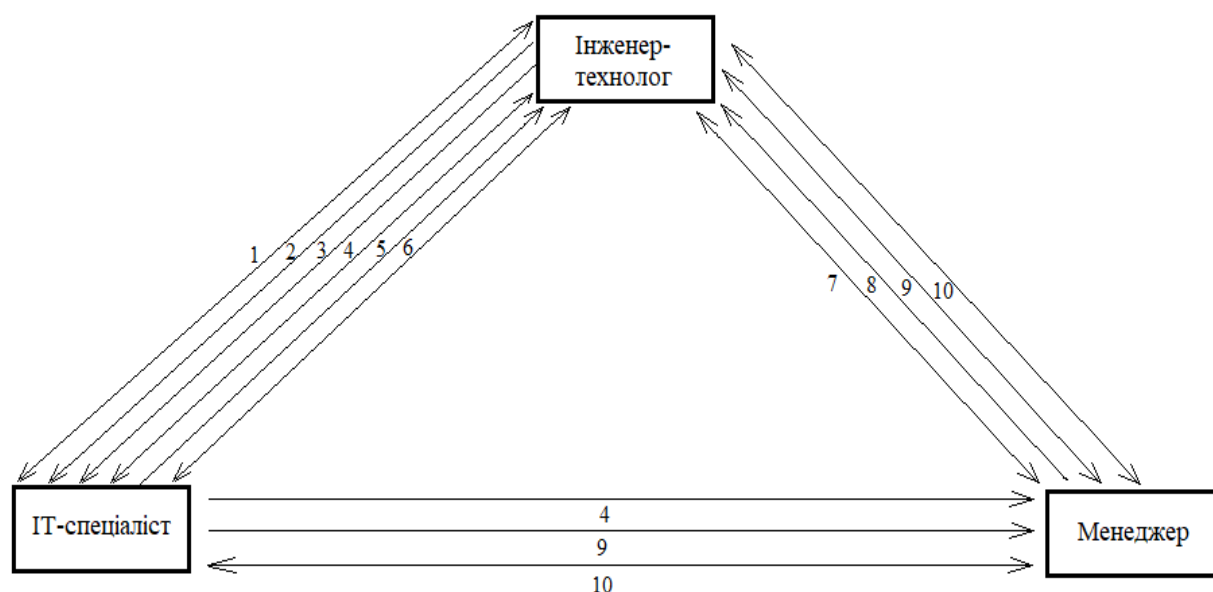


Рисунок 6.1. Схема залучення кожного члену стартап команди



#### 4 Кількість входів та виходів кожного члена стартап команди

Таблиця 6.26 - Кількість входів та виходів кожного члена стартап команди

Спеціальність	п <sub>Вх</sub>	п <sub>Вих</sub>	Вх,%	Вих,%	Вх/Вих
Інженер-технолог	8	9	38	43	0,88
ІТ-спеціаліст	6	7	29	33	0,88
Менеджер	7	5	33	24	1,38
Разом	21	21			

#### 5 Часова діаграма

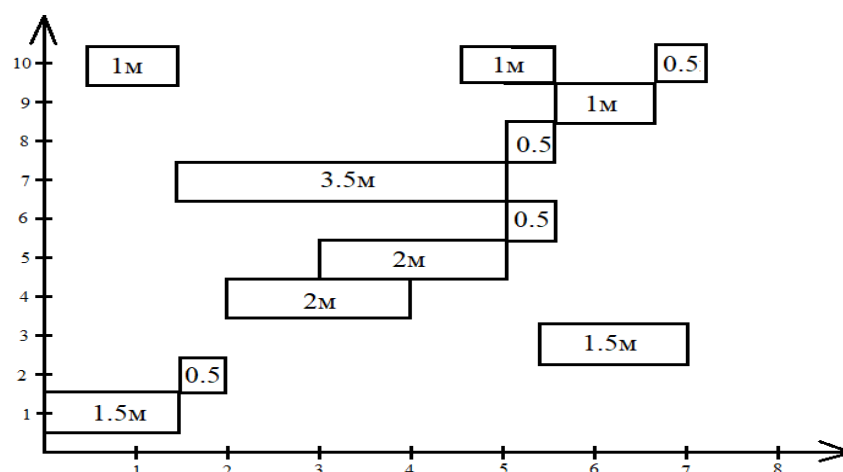


Рисунок 6.2. Часова діаграма

#### 6 Час залученості кожного члена команди в проекті

Таблиця 6.27 - Час залученості кожного члена команди в проекті

Спеціальність	Час м	Разом	%
Інженер-технолог	3,5+1+0,5+1	6	86
ІТ-спеціаліст	4,5+0,5	5	71
Менеджер	2,5+0,5+1+2,5	6,5	93
Термін реалізації проекту	7,5		

#### 7 Важливість членів стартап команди

Таблиця 6.28 - Важливість членів стартап команди

Спеціальність	(проміжні рр)	Вклад, %
Інженер-технолог	0,86/0,88	98
ІТ-спеціаліст	0,71/0,88	81
Менеджер	0,93/1,38	67

#### 8 Оцінювання важливості кожного фактору і внеску кожного учасника

Таблиця 6.29 - Оцінювання важливості кожного фактору і внеску кожного учасника

Фактор	Вага	Партнер 1	Партнер 2	Партнер 3
Ідея	8	9	5	1
Підготовка бізнес плану	4	4	0	9
Компетентність	7	8	8	5
Залученість і ризики	3	7	6	4
Обов'язки	4	10	10	6

9 Дольова участь у стартап проєкті кожного учасника

Таблиця 6.30 - Дольова участь у стартап проєкті кожного учасника

Фактор	Партнер 1	Партнер 2	Партнер 3	
Ідея	9	5	1	
Підготовка бізнес плану	4	0	9	
Компетентність	8	8	5	
Залученість і ризики	7	6	4	
Обов'язки	10	10	6	
Разом	38	29	25	92
У відсотках	41,3%	29,6%	27,1%	100,0%

## Календарний план-графік [6]

Складено календарний план-графік реалізації проекту за формою, наведеною в табл. 6.31.

Таблиця 6.31 - Календарний план-графік реалізації стартап-проекту

№ з/п	Етапи реалізації	Період реалізації проекту						
		0-й рік <sup>1</sup>				1-й рік	2-й рік	3-й рік
		1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.			
1.	Проведення НДДКР	+	+			+	+	+
2.	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	+						
3.	Робоче проектування і прив'язка проекту	+	+					
4.	Створення компанії							
5.	Придбання нематеріальних активів, отримання дозвільних документів тощо	+	+	+				
6	Придбання й оренда земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд	+			+	+		
7.	Придбання обладнання, устаткування та пристроїв	+						

№ з/п	Етапи реалізації	Період реалізації проекту						
		0-й рік <sup>1</sup>				1-й рік	2-й рік	3-й рік
		1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.			
8.	Передвиробничі маркетингові дослідження		+	+	+			
9.	Приймально-здавальні випробування	+	+					
10.	Пусконаладжувальні роботи	+			+			
11.	Освоєння проектних потужностей	+			+			
12.	Придбання матеріальних ресурсів	+						
13.	Запуск виробництва		+					
14.	Продаж продукції			+	+	+	+	+

Таблиця 6.32 - Планова потреба у виробничому обладнанні та устаткуванні

№ з/п	Вид обладнання (устаткування, пристрою)	Тип (модель)	Виробник обладнання (устаткування, пристрою)	Терміни постачання	Вартість, тис. грн.
1.	Середовище розробки	LabVIEW 2013	National Instruments	На початку роботи	10 тис. грн
2.	Операційна система	Windows 10	Microsoft	На початку роботи	15 тис. грн
3.	Офісні програми	Microsoft Office 2016	Microsoft	На початку роботи	6 тис. грн
5.	ПК (4 шт.)	—	Intel, Dell, Samsung, A4Tech	На початку роботи	75 тис. грн
Разом:			—	—	106 тис. грн

Вартість обладнання може бути визначена наступним чином:

$K_{mo}$  - вартість технологічного обладнання – за формулою:

$$K_{mo} = \sum_{i=1}^m O_i \cdot C_i \quad (6.1)$$

де  $m$  - кількість операцій технологічного процесу виготовлення продукції;

$O_i$  - кількість одиниць обладнання для виконання  $i$ -ї операції;

$C_i$  - ціна одиниці обладнання для виконання  $i$ -ї операції.

$K_{mo}$  - вартість допоміжного обладнання може бути визначена наближено на рівні приблизно 30% від вартості технологічного обладнання;

$K_{mo}$  - вартість інвентарю також може бути визначена наближено на рівні 10-15% від вартості технологічного обладнання.

3. Визначити обсяг витрат на залучення нематеріальних активів, необхідних для реалізації стартап-проекту за формою, наведеною в табл. 6.33.

Таблиця 6.33 - Планова потреба у виробничому обладнанні та устаткуванні

<b>№ з/п</b>	<b>Вид активів</b>	<b>Активи, що можуть бути віднесені до даного виду</b>	<b>Вартість, тис. грн.</b>
1.	Права користування природними ресурсами	(право користування надрами, іншими ресурсами природного середовища, геологічною та іншою інформацією про природне середовище)	---
2.	Права користування майном	(право користування земельною ділянкою відповідно до земельного законодавства, право користування будівлею, право на оренду приміщень тощо)	30 тис. грн.
3.	Права на комерційні позначення	(права на торговельні марки (знаки для товарів і послуг), комерційні (фірмові) найменування тощо)	3 тис. грн.
4.	Права на об'єкти промислової власності	(право на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, сорти рослин, породи тварин, компонування інтегральних мікросхем, комерційні таємниці, у тому числі ноу-хау, захист від недобросовісної конкуренції)	30 тис. грн.
5.	Авторське право та суміжні з ним права	(право на літературні, художні, музичні твори, комп'ютерні програми, фонограми, відеограми, передачі (програми) тощо)	15 тис. грн
6.	Інші активи	(право на провадження діяльності, використання економічних та інших привілеїв тощо)	---

Визначити плановий обсяг виробництва продукції стартап-проекту (в натуральних показниках) по роках за формою, наведеною в табл. 6.34.

Таблиця 6.34 - Планова вартість нематеріальних активів

Вид продукції	Одиниця виміру	Обсяги виробництва за період		
		1-й рік	2-й рік	3-й рік
Програма	шт	40	100	200

Визначити обсяг витрат на забезпечення стратап-проекту матеріальними

Визначити обсяг витрат на забезпечення етапів-проектів матеріальними ресурсами та комплектуючими по роках (виходячи з планового обсягу

виробництва продукції, визначеного в табл. 6.34) за формою, наведеною в табл. 6.35. Якщо проектом передбачено виробництва декількох видів продукції, таблиця складається по кожному виду продукції окремо.

Таблиця 6.35 - Планова потреба у матеріальних ресурсах та комплектуючих

№ з/п	Вид ресурсу	Одиниця виміру	Витрати на одиницю продукції в натуральних показниках	Вартість на одиницю продукції, тис. грн.	Вартість за плановим обсягом виробництва за період, тис грн.		
					1-й рік	2-й рік	3-й рік
1.	Матеріали						
1.1.	Картон для упакування	шт		2 грн	80 грн	200 грн	400 грн
Всього матеріалів		—	—		80 грн	200 грн	400 грн
2.	Комплектуючі						
2.1.	Кабелі синхронізації	шт		150 грн	6 тис грн	15 тис грн	30 тис грн
Всього комплектуючих		—	—	150 грн	6 тис грн	15 тис грн	30 тис грн
Разом:		—	—	152 грн	6.1 тис грн	15.2 тис грн	30.4 тис грн

Визначити потребу та обсяг витрат на залучення адміністративного та промислово-виробничого персоналу, необхідного для реалізації проекту за формою, наведеною в табл. 6.36.

Таблиця 6.36 - Планова потреба та витрати на персонал

№ з/п	Категорія персоналу	Чисельність	Заробітна плата, тис грн. на місяць	Відрахування на соціальні заходи, тис грн. на місяць	Витрати на оплату праці за період, тис. грн.		
					1-й рік	2-й рік	3-й рік
1.	Адміністративний персонал (працівники апарату управління)						
1.1.	Менеджер	1	10	3.75	165	165	165
Всього витрати на оплату праці адміністративного персоналу			10	3.75	165	165	165
2.	Промислово-виробничий персонал						
2.1.	Інженер-технолог	1	18.147	6.8	218	218	218
2.4.	ІТ-спеціаліст	1	23.5	8.8	282	282	282

№ з/п	Категорія персоналу	Чисельність	Заробітна плата, тис грн. на місяць	Відрахування на соціальні заходи, тис грн. на місяць	Витрати на оплату праці за період, тис. грн.		
					1-й рік	2-й рік	3-й рік
	Всього витрати на оплату праці промислово-виробничого персоналу	2	41647	15618	500	500	500
	<i>Разом:</i>	3	51647	19368	665	665	665

З урахуванням даних табл. 6.31-6.36 визначити обсяг загальних початкових витрат, необхідних для реалізації проекту (витрат, що мають бути понесені до початку основної діяльності в 0-й рік реалізації проекту) за формою, наведеною в табл. 6.37.

Таблиця 6.37- Загальні початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1.	Проведення НДДКР	5
2.	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	9
3.	Робоче проектування і прив'язка проекту	7
4.	Витрати на придбання й оренду земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд	13.5
5.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	106
6.	Витрати на приймально-здавальні випробування	8
7.	Витрати на пусконаладжувальні роботи	10
8.	Комплексне освоєння проектних потужностей	5
9.	Витрати на придбання нематеріальних активів	62
10.	Одноразові виплати, зокрема гарантующим і страховим організаціям	50
11.	Витрати на створення оборотного капіталу, необхідного для початку операційної діяльності (створення виробничих запасів, передоплата сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, які мають бути поставлені на початку операційної діяльності)	40
12.	Податкові платежі (земельний, комунальний та інші), здійснені до початку операційної діяльності	30
13.	Оплата юридичних послуг	40
14.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	20
15.	Витрати, пов'язані з діяльністю персоналу	665
	<i>Разом</i>	1070.5

## Висновки

Проект присвячений розробці створення інформаційно-вимірювального та алгоритмічного забезпечення обробки даних міжлабораторних порівняльних досліджень і їх використання.

Склад команди будуть інженер-технолог, ІТ-спеціаліст і менеджер. Проект буде представляти на підприємства, інспекційні установи і дослідні інститути. Слабкі сторони нашого проекту буде початкове впровадження у застарілі системи, а сильні сторони буде швидкодія яка має широкий функціональність. Також вартість буде дешевше, ніж у інших програм.

Проект буде захищено від копіювання: Патентування технології, новітні технології шифрування та захисту даних. Функції збуту нашого проекту: встановлення контакту, інформування, транспортування, продаж окремих частин, надання додаткових послуг.

На початку роботи нам потрібно: у виробничому обладнанні та устаткуванні тобто середовище розробки, операційна система, офісні програми та ПК та нематеріальних активів. Загальні початкові витрати проекту буде 1070.5 тис.грн.

Ми вважаємо що є можливість ринкової комерціалізації проекту. Тобто ймовірність отримання ресурсів можливо буде досить велика, також динаміка ринку буде зростати.

## ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У цій магістерській дисертації проведено аналіз характеристик точності, які оцінюють при міжлабораторних порівняльних дослідженнях, способів їх оцінювання і використання в практичній діяльності лабораторій. На основі проведеного аналізу розроблено алгоритмічне та інформаційно-вимірювальне забезпечення визначення характеристик точності і їх використання. Запропоноване інформаційно-вимірювальне забезпечення апробовано на основі реальних даних зміни, отриманих з відкритих джерел.

У 1-му розділі були проаналізовані характеристики точності результатів вимірювання при міжлабораторних дослідженнях. Точності методу вимірювань розглядається як 2 показника: «правильність» і «прецизійність». У 2-му розділі використовуються цих раніше оцінені показники точності для ряду цілей, зокрема для оцінювання прийнятності результатів, отриманих в одній лабораторії і узгодженості результатів, отриманих в двох різних лабораторіях.

Далі в 3-му розділі запропоновано алгоритмічне забезпечення обробки результатів порівняльних випробувань і "алгоритмічне забезпечення використання результатів порівняльних випробувань в практичній діяльності лабораторій.

В 4-му розділі розроблено інформаційно вимірювальне забезпечення системи обробки результатів міжлабораторних досліджень і їх застосування.

Запропоноване в розділі 3 алгоритмічне і в розділі 4 інформаційно-вимірювальне забезпечення апробовано на основі обробки результатів зміни концентрації білка в молоці. Реальні дані були взяті з сайту <https://www.researchgate.net>. Для апробації використані результати, отримані в 7 лабораторіях.

При цьому були проведені:

- Розрахунок показників правильності і прецизійності;
- Перевірка узгодженості результатів.



Для характеристики правильності змін розраховані зміщення методу, лабораторне зміщення і лабораторна складова зміщення.

Для характеристик прецезійного вимірювань розраховані стандартне відхилення повторюваності і відтворюваності.

Ці характеристики були використані для оцінювання прийнятності результатів в одній лабораторії і для перевірки узгодженості результатів, отриманих в двох різних лабораторіях.

Також розроблено стартап проект для інформаційно-вимірювального та алгоритмічного забезпечення обробки даних міжлабораторних порівняльних досліджень і їх використання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] ДСТУ ISO 5725-1: 2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань. Частина 1. Основні положення і визначення (ГОСТ ИСО 5725-1-2003, IDT) - національний стандарт України.

[2] ДСТУ ISO 5725-2: 2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання.

[3] ДСТУ ISO 5725-4-2005 "Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань. Частина 4. Основні методи визначення правильності стандартного методу вимірювання"

[4] ДСТУ ISO 5725-6: 2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань. Частина 6. Використання значень точності на практиці.

[5] ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

[6] Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей/За заг. ред. О.А. Гавриша.— Київ : НТУУ «КПІ», 2016.—28 с.

[7] [[https://www.metrologyjournal.org/articles/ijmqe/full\\_html/2019/01/ijmqe180023/ijmqe180023.html](https://www.metrologyjournal.org/articles/ijmqe/full_html/2019/01/ijmqe180023/ijmqe180023.html)]

[8] [[http://pidruchniki.com/1566072162240/turizm/prognozuvannya\\_efektivnosti\\_investitsiynogo\\_proektu](http://pidruchniki.com/1566072162240/turizm/prognozuvannya_efektivnosti_investitsiynogo_proektu)].

[9] [[https://www.metrologyjournal.org/articles/ijmqe/full\\_html/2019/01/ijmqe180023/ijmqe180023.html](https://www.metrologyjournal.org/articles/ijmqe/full_html/2019/01/ijmqe180023/ijmqe180023.html)]